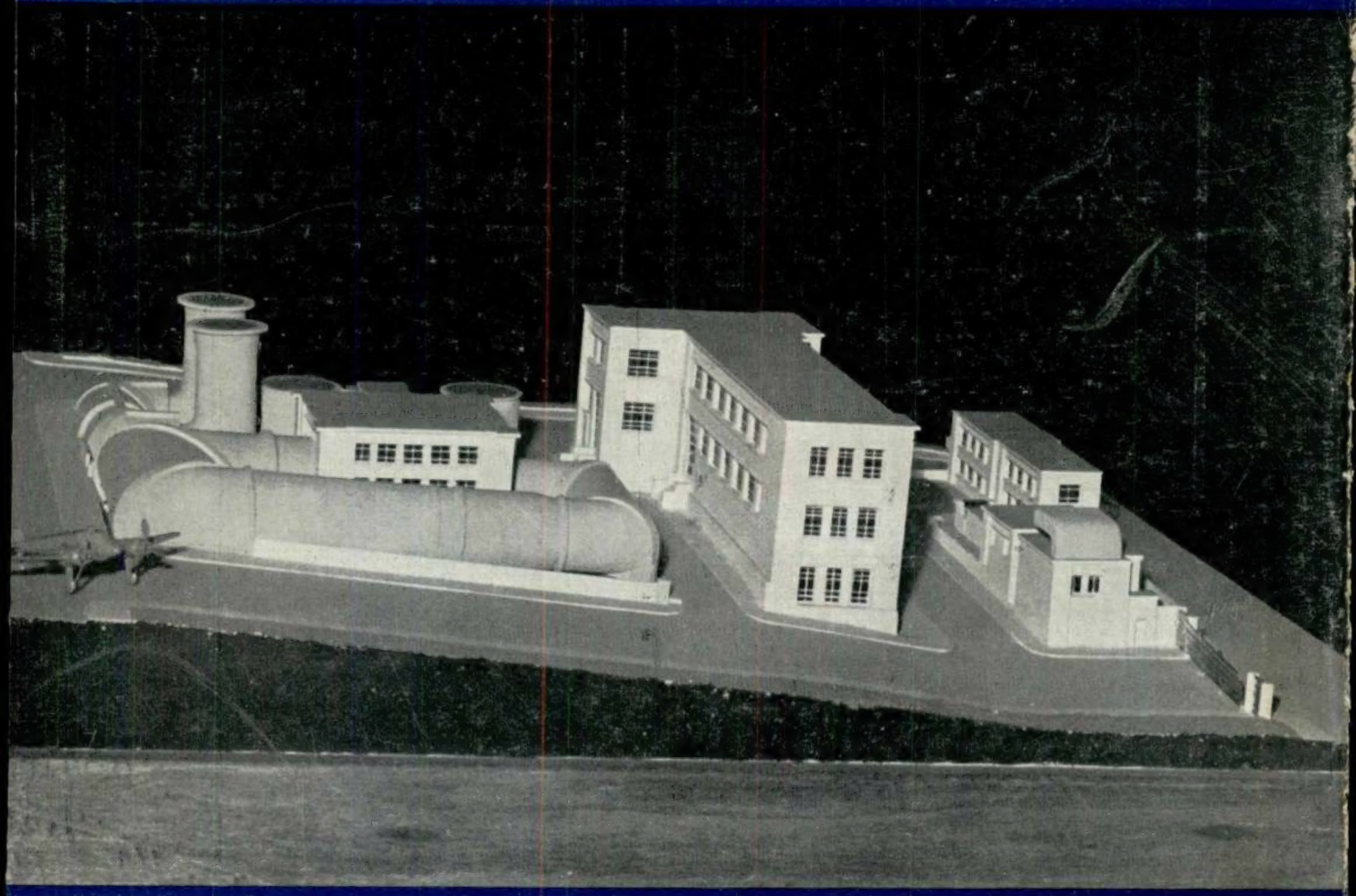
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 284 – JULHO – 1958

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

BOETTICHER Y NAVARRO PORTUGUESA, L.DA

LICENÇA Westinghouse

ASCENSORES, MONTA-CARGAS, MONTA-CAMAS E TODOS OS GÉNEROS DE APARELHOS DE ELEVAÇÃO

ELEVADORES DE 2 VELOCIDADES E MANOBRAS EM CORRENTE RECTIFICADA E ESPECIAIS DE FUNCIONAMENTO EM CORRENTE CONTÍNUA, CONSTRUÍDOS SEGUNDO TÉCNICA E PROCEDIMENTO

WESTINGHOUSE

FORNECEDORES DOS 50 ELEVADORES DO NOVO HOSPITAL ESCOLAR DO PORTO

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL DE ELEVADORES E ESCADAS ROLANTES DA

WESTINGHOUSE ELECTRIC INTERNACIONAL CO.—U. S. A.

R. Pereira Henriques, 1 — R. do Açúcar, 56
LISBOA
Tel. 38 26 92 Tel 38 27 21

R. António José da Costa, 26-2.º — Porto
Tel. 45 732

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

FABRICA EM SACAVÉM

TELEF. 73 01 56 (4 linhas)

TELEG. EPALDA—LISBOA

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXII - N.º 284 Julho de 1958

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

ADMINISTRADOR

RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA

SECRETÁRIO

ALEXANDRE CERVEIRA

REDACTORES

ARTUR BAPTISTA
JOÃO MARTINS DE CARVALHO
JOÃO ULRICH
JORGE FONTAINHAS
LUÍS AIRES BARROS

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	60$00	110$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

COMPOSTO E IMPRESSO NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Modelo oficial das futuras instalações do Centro para Estudos Aeronáuticos do I. S. T.
Projecto elaborado pelo Professor Belard da Fonseca, Professor Pardal Monteiro, Dr. Engenheiro Varela Cid e Arquitecto Sérgio Gomes.

Págs.

A secção de documentação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Por J. F. Cansado Tavares 711

A determinação do coeficiente de Poisson do betão das nossas barragens a partir das extensões medidas «in situ»
Pelo Eng.º Marciano Guerreiro 721

Pozolanas, betões com pozolanas e cimentos pozolânicos
Pelo Eng.º A. de Sousa Coutinho 733

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 750

Futuras instalações do Centro para Estudos Aeronáticos e seus Laboratórios a construir no Instituto Superior Técnico 751

Conclusões do II Congresso dos Economistas Portugueses e do II Congresso da Indústria Portuguesa . . . 756

Técnica de impulsos — Geradores de sinais lineares no tempo
Pelo Eng.º Fernando Eduardo Rebelo Simões 763

Biblioteca 785

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A — Pág.

Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª V
A. Gestetner XXXIV
António Baró XXXV
Atlantic — Fábrica Lusitana de Tintas e Vernizes, Limitada XXIX
Azevedo & Pessi, Ltd.ª II

B

Boetticher y Navarro Portuguesa, L.ª 2.ª da capa

C

Canelas & Figueiredo XLI
Ceresit XXXVI
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . XXXVIII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos XII
Companhia União Fabril. XIV
Construções Técnicas, Ltd.ª IX
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VI e XXXIII

D

Diogo d'Ávila XXIV

E

Electro-Arco, Ltd.ª XXXV
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XV
Empresa Electro Cerâmica XXXVIII
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos VIII
Eng.º Augusto Cavaco XLI

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXX
Fábrica Portugal XXXVII
Facto, Lda. XVI
Fanafel XXVIII

G

General Electric Portuguesa XX

H

Harker Sumner & C.ª, Ld.ª XXXV
Henriques & Castro, Ltd.ª IX

I

Indústrias Portuguesas do Zinco . . XLI
INEL XXIII
IST XL

J — Pág.

Jayme da Costa, Lda. XXV

L

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XI

M

Mabor XXXIX
MAN XXVI
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XXXIV
Monteiro Gomes, Ltd.ª X

N

Nikex XXVII
Nordberg XXXI

P

Papelaria Fernandes XVII
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

R

Rolim Comercial XX

S

Santos Mendonça, Lda. XLII
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XIII
Shell XXI
SMEIA IV
Sociedade Comercial de Isolamentos de Cortiça XXVIII
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade Electrom XXXIX
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XXII
Sociedade Industrial Metalúrgica . XXXVI
Sociedade Portuguesa Cavan II
Sociedade Técnica de Hidráulica . . XXIV
Socony-Vacuum Portuguesa . . . . 4.ª da capa
Sofai XXXIV
Sondagens Ródio, Ltd.ª XXXV
SOPECATE XXXIX
Standard Eléctrica VII

T

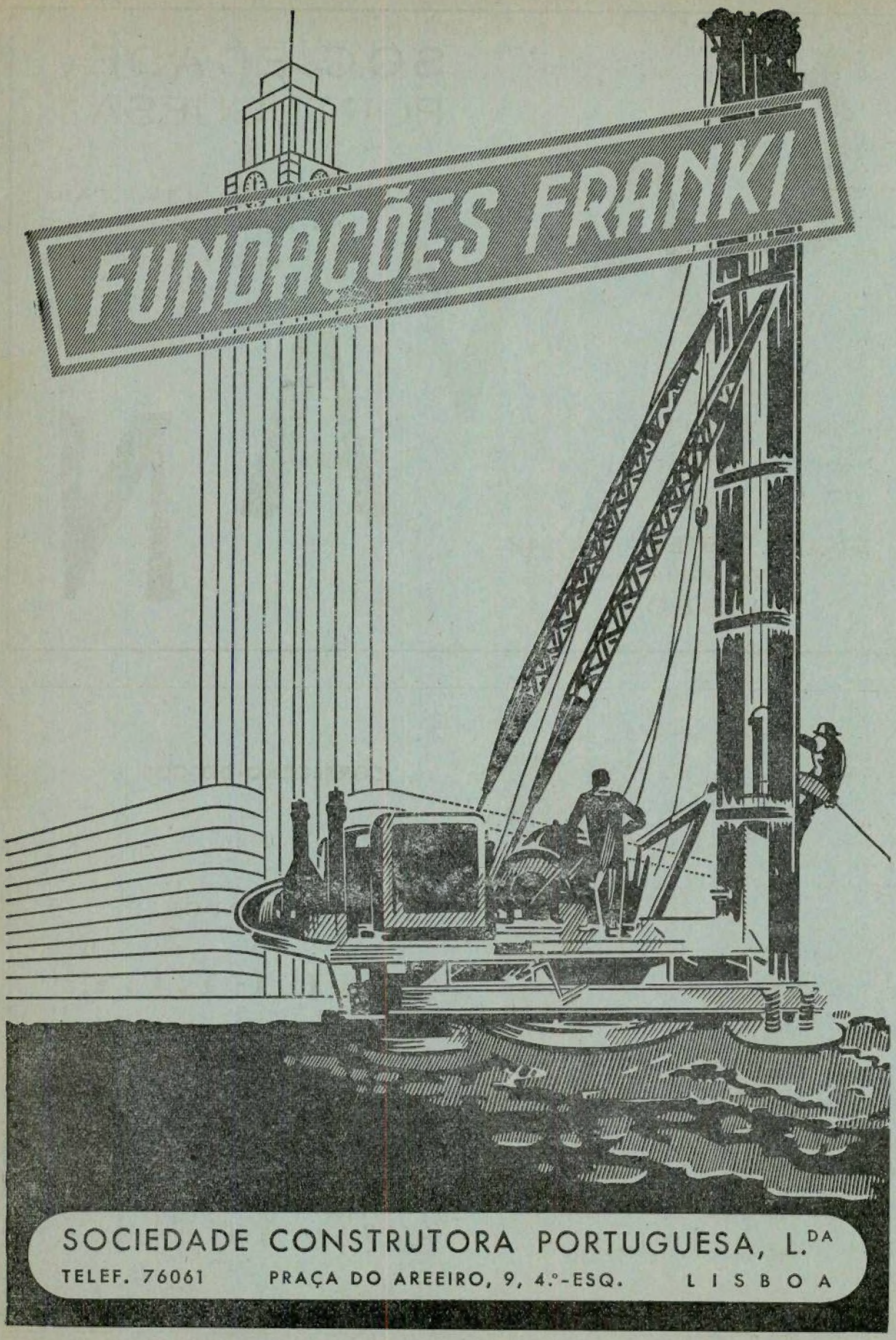
TAP XXVII
The Engineering Company of Portugal, Ltd. XVIII
Tintas Valentine XXXII

V

Vasco Pessoa, Lda. XXVII

W

Wild Portugal, Lda. XIX


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

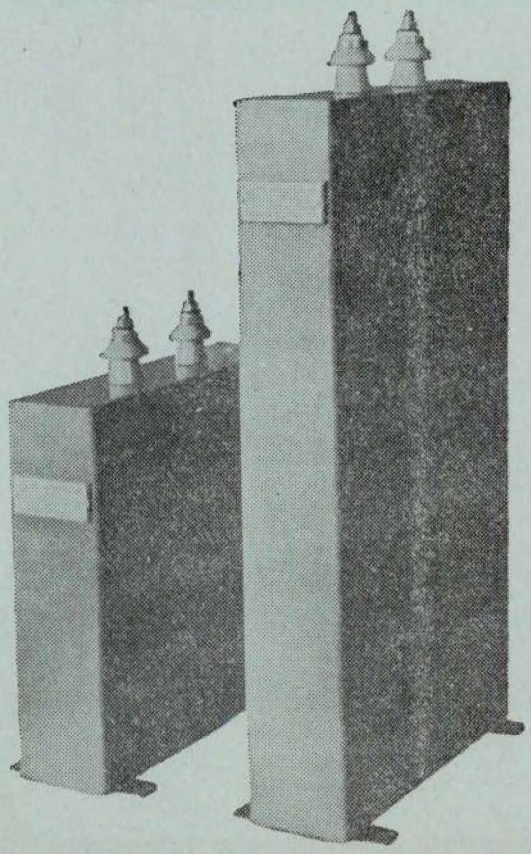
COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42

TELEF. 47812-50129

LISBOA



CORRECÇÃO DO COS φ

COM

CONDENSADORES

HAEFELY

PARA ENTREGA IMEDIATA

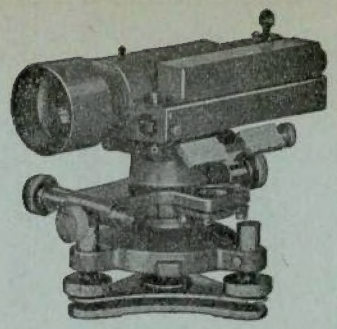
REPRESENTANTES

AZEVEDO & PESSI, L.DA

RUA NOVA DO ALMADA, 46-1.º — LISBOA

Telef.: 2 44 95 — 2 98 79 — 2 03 54

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA



GRANDE SORTIDO
DE INSTRUMENTOS DE
PRECISÃO, CIENTÍFICOS
E INDUSTRIAIS

PARA

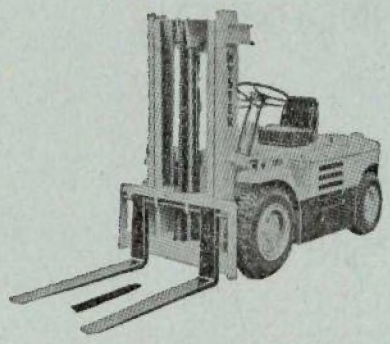
- ENGENHEIROS
- ARQUITECTOS
- CONSTRUTORES
- TOPÓGRAFOS
- DESENHADORES
- LABORATÓRIOS
- ESCOLAS
- OFICINAS

RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75
LISBOA
TELEF.: 24314 • TELEG.: TECNA

EMPILHADORES DE GARFO

HYSTER

PARA CARGAS DE **450** A **9.000** Kg.



Peça informações e uma demonstração ao agente exclusivo

SMEIA

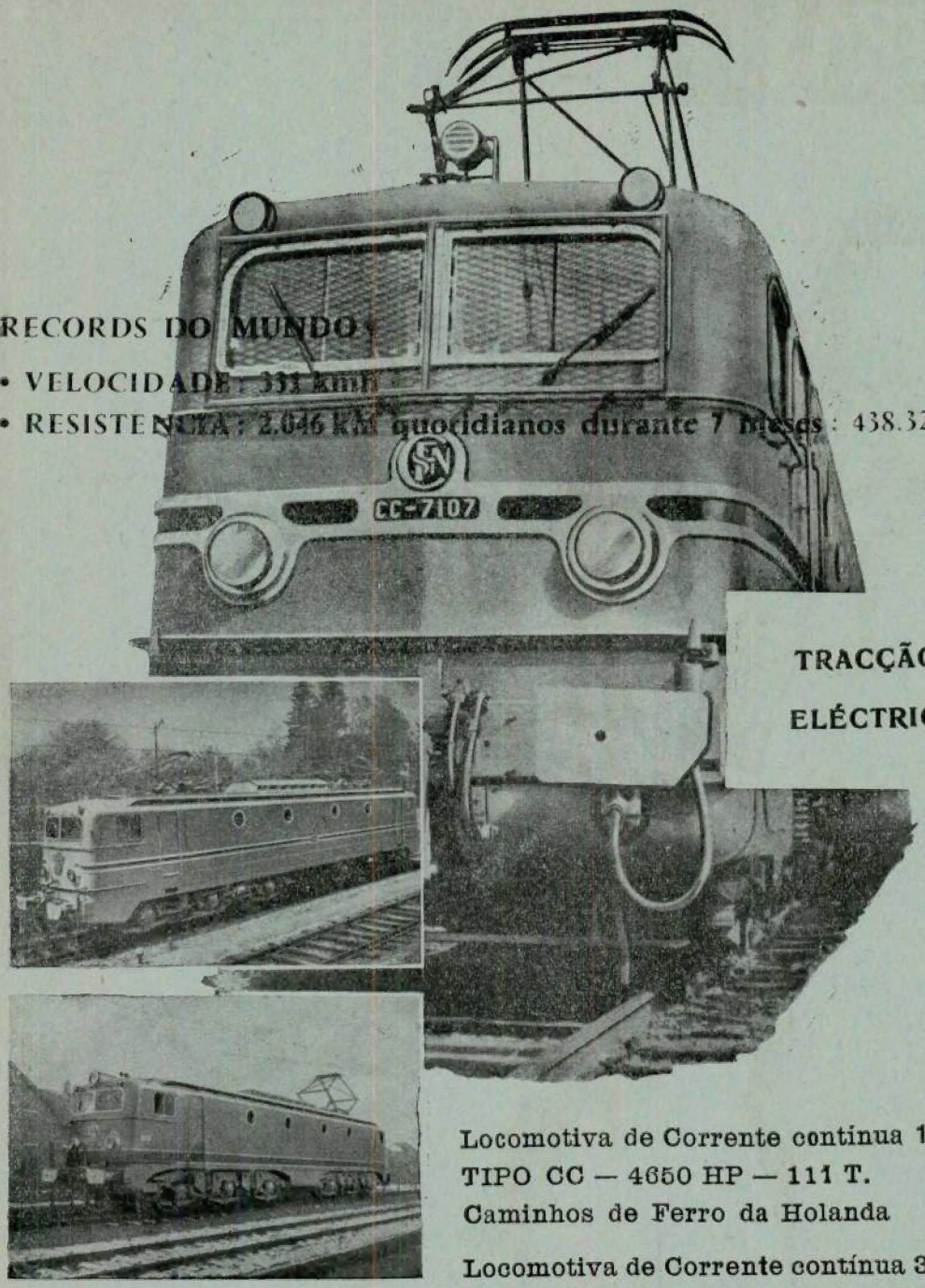
SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA

S. A. R. L.

Avenida P. Manuel da Nóbrega, 8-B ✦ Telef. 72 40 53-4-5 ✦ LISBOA

AGENTES EM: ALCÁCER DO SAL — BEJA — ELVAS — FARO
LEIRIA — SANTARÉM E PORTO.

SOCIETE ALSTHOM—PARIS



RECORDS DO MUNDO:

- VELOCIDADE: 331 km/h
- RESISTENCIA: 2.046 km quotidianos durante 7 meses: 438.324 km

TRACÇÃO ELÉCTRICA

Locomotiva de Corrente contínua 1500 V.
TIPO CC — 4650 HP — 111 T.
Caminhos de Ferro da Holanda

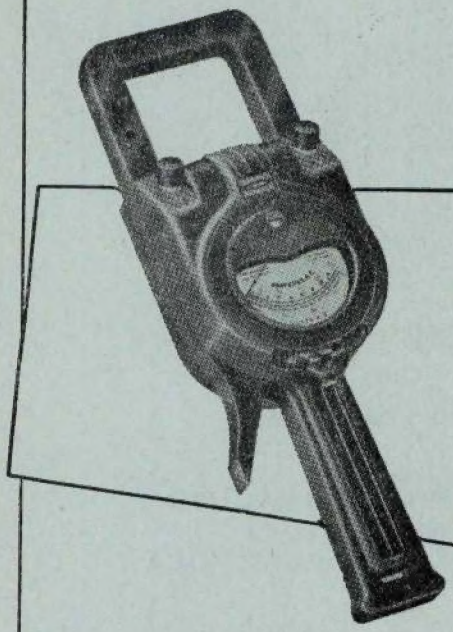
Locomotiva de Corrente contínua 3000 V.
TIPO CC — 3300 HP — 120 T.
Caminhos de Ferro Espanhóis

DELEGADOS

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos INDUSTRIAIS, 4, 1.º (às Côrtes) // LISBOA // Telefs. 66 06 92 - 66 60 82 - 66 06 04

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17—LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168—PORTO

Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

RADIOCOMUNICAÇÕES, ELECTRÓNICA, RADIODIFUSÃO E APARELHAGEM INDUSTRIAL

— Emissores, Receptores e Transceptores de todos os tipos, para HF e VHF
— Emissores e Equipamento de Estúdio para Televisão e Radiodifusão Sonora
— Sistemas de feixes hertzianos
— Televisão em circuito fechado, para todas as aplicações
— Aparelhagem de radar para navegação, previsão de tempo, aeroportos, fins militares, etc.
— Rádio-ajudas para navegação aérea e marítima
— Microscópios electrónicos e outros instrumentos científicos
— Lâmpadas electrónicas para todas as aplicações
— Aparelhagem de medida para Rádio e Electrónica
— Teleimpressores e equipamento acessório
— Instalações de som de todas as potências e tipos
— Cinema Sonoro de 35 mm e 16 mm
— Equipamento automático para verificação de bebidas
— Grupos moto-geradores
— Rádio-receptores, televisores e aparelhagem electro-doméstica
— Discos e fitas magnéticas virgens e gravados em alta fidelidade.

Estudos, Projectos, Propostas, Fornecimentos e Assistência Técnica

Agência Geral em Portugal

TELECTRA

EMPRESA TÉCNICA EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S. A. R. L.

LISBOA
Rua Rodrigo da Fonseca, 103
Telef. 680130/5

PORTO
Rua dos Clérigos, 64-2.º
Telef. 24819

PISCINA DO HOTEL ATLÂNTICO
ESTORIL

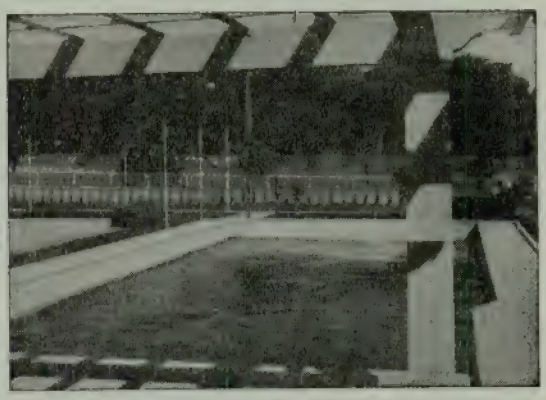
PETRIFICANTE E HIDRÓFUGO

À BASE DE CIMENTO

CEMPEXO

PINTURAS

PISCINA EM CARCAVELOS



DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

AVENIDA CONDE DE VALBOM, 96 LISBOA

TELEF. 775057 - 775058

Máquina "BENOTO" executando estacas de 1 m de diâmetro e 60 m de comprimento, nas fundações do viaduto de Sacavém, na auto-estrada do Vale do Tejo

Construções Técnicas, L.da

Praça do Município, 13, 3.º
LISBOA — Telefones 22344 27809

Fundações

Construções Civis e Industriais

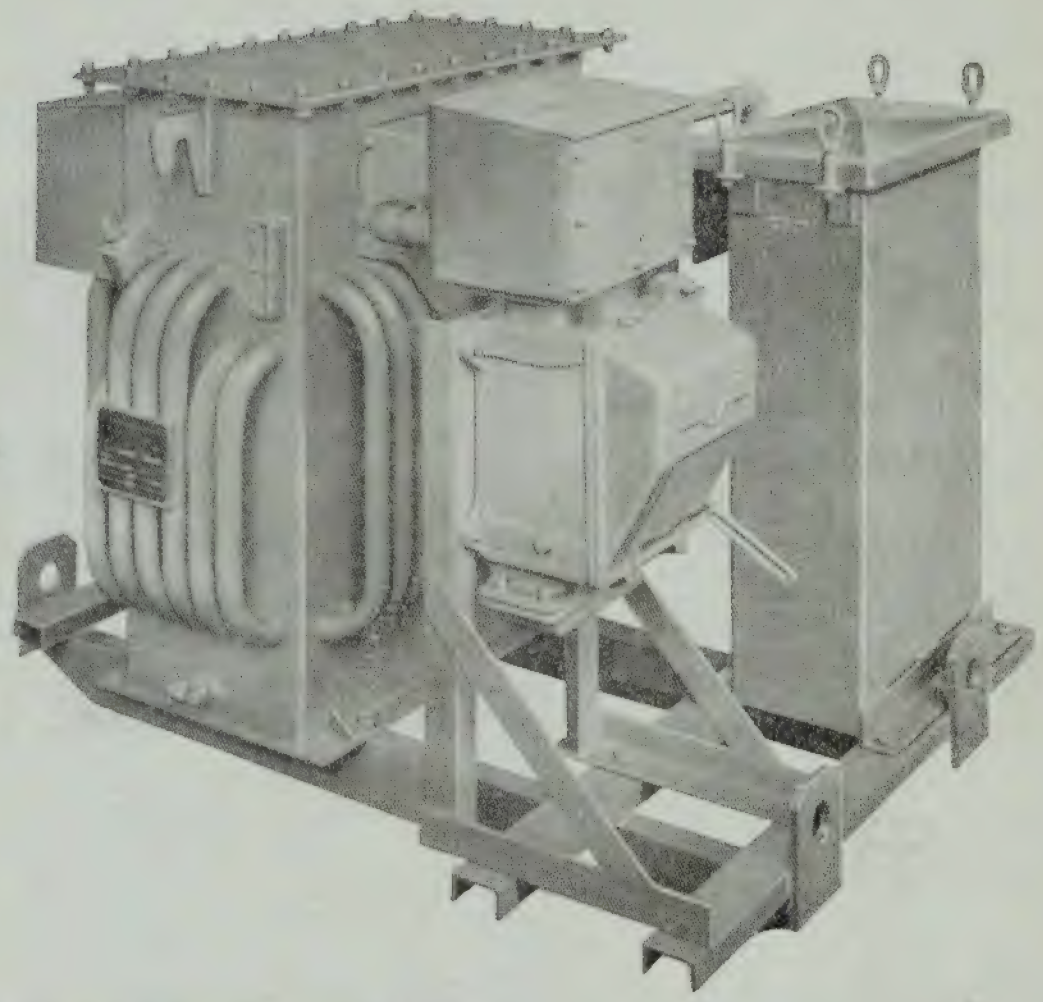
Betão Armado e Betão Pré-esforçado

Obras Públicas

Concessionária do sistema de moldes deslizantes «PROMETO» e do sistema para execução de estacas de grande diâmetro «BENOTO»

'ENGLISH ELECTRIC'

postos de soldadura multi-operador



Os postos estáticos de soldadura «English Electric» multi-operador são hoje largamente utilizados na metalo-mecânica de média e grande produção e, em particular, nos estaleiros navais.

A gravura mostra um transformador multi-operador de 3×300A equipada com um condensador de 16,5 kVAr e caixa de seccionamento de 150A com fusíveis de alto poder de corte «English Electric», idêntico a muitos já instalados no nosso País.

THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED, QUEES HOUSE, KINGSWAY, LONDON W. C. 2

AGENTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

LEACOCK (LISBOA). L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.

Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.

Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

J. A. CRABTREE & CO. LTD.

Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.

Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.

Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.

Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT

Contadores de água, de vapor e de óleo.

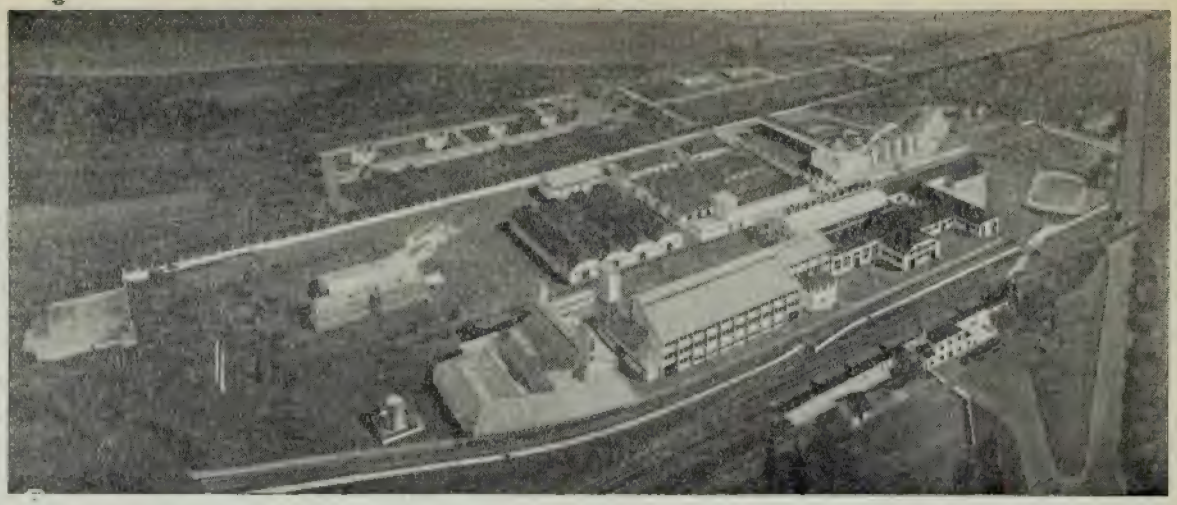
Tubos Venturi

Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.

Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.

Luz fluorescente.



COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

PRODUTORA DE

FERRO GUSA

FERRO LIGAS

FERRO-MANGANÊS

SÍLICO-MANGANÊS

FERRO-SILÍCIOS

15 % - 25 % - 45 % - 75 % - 90 %

CARBONETO DE CÁLCIO

CIANAMIDA CÁLCICA

PASTA PARA ELÉCTRODOS

E EM MONTAGEM

GRAFITE

FÁBRICAS
CANAS DE SENHORIM
Telefone 67222

SEDE
Largo de S. Carlos, 4-2.º — LISBOA
Telefones 25343-29608-368989

Previnem-se os nossos assinantes e anunciantes que a Revista suspende, como de costume, a sua publicação durante os meses de férias.

26699

TÉCNICA

DIRECTOR: CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
ADMINISTRADOR: RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA
SECRETÁRIO: ALEXANDRE CERVEIRA

Ano XXXIII - N.º 284 Julho de 1958

C. D. U. 002
061.6.066

A SECÇÃO DE DOCUMENTAÇÃO DO LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

POR J. F. CANSADO TAVARES
Chefe da Secção de Documentação
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Assim como Deus criou o anjo de grandes asas místicas e o anjo se revoltou contra Ele, assim o Homem criou o livro, e este, ao crescer fabulosamente, se revoltou contra ele, ameaçando também a sua própria existência, convertendo-o em escravo...

Em vez de estudar para viver — o homem — terá que viver para estudar.

Ortega y Gasset.

I — Introdução

Ninguém contesta hoje a importância decisiva da investigação científica para o desenvolvimento dos conhecimentos humanos, o progresso social e, duma maneira geral, a melhoria das condições de vida do homem. Certos homens de letras e artistas atacam violentamente o progresso da técnica que, segundo eles, desumaniza a vida. Parece-nos no entanto impossível, para os engenheiros, adoptar esta posição intransigente que nos conduziria a renegar a nossa profissão. A técnica não é de hoje e ela começou com os utensílios da idade da pedra e com a roda. As questões económicas, a técnica de produção, a técnica de organização, dominam a quase totalidade da vida do homem na época actual.

Quase todos os países instituiram sobre o plano nacional organismos de investigação científica, laboratórios, instituições diversas, encarregados de desenvolver as descobertas em todos os domínios, ou de coordenar os esforços dos investigadores.

O homem de ciência, ou o técnico, para se poder lançar no campo da investigação, seja em que domínio for, precisa em primeiro lugar de se familiarizar com a obra dos seus antecessores e de se pôr ao corrente do que fazem os seus contemporâneos que exploram o mesmo assunto. Também não deve arriscar-se a abordar problemas já resolvidos ou a interromper a sua tarefa para seguir um caminho errado, por desconhecer que outros, em face do mesmo problema, o tentaram antes dele.

Para isso precisa de dispor de um serviço de documentação especializado no domínio da sua actividade.

Antes de prosseguirmos, porém, é preciso definir o que se entende por «documentação», palavra ainda pouco conhecida entre nós ou, melhor, tipo de actividade que não se encontra suficientemente desenvolvida em Portugal.

Calcula-se que foram publicados desde o séc. XV, época em que foi descoberta a imprensa, até aos nossos dias, cerca de 35 a 40 milhões de livros e que se publicam actualmente por ano

cerca de 300.000; o número de revistas actualmente publicadas não se conhece com exactidão, muito embora a «World List of Scientific Periodicalis» existente na nossa biblioteca, sem dúvida ainda incompleta, refira, no entanto, 50.000. Eleva-se a 750.000 o número anual dos artigos publicados, dos quais se pensa que 250.000 são de novo publicados sob a forma de «abstracts» ou resumos.

Se bem que há cem anos o estudioso dotado de vocação e perserverança podia reunir por si só os elementos necessários ao seu trabalho, hoje, dado o grande desenvolvimento da ciência e a vasta bibliografia publicada, seria absolutamente impossível realizar por si só esta tarefa, sem a cooperação de organismos nacionais de recursos acentuadamente superiores.

O progresso da ciência requere que todas as observações recolhidas dia a dia, as invenções mais recentes e os resultados alcançados no campo das investigações científicas, sejam dados a conhecer para que possam ser utilizados imediatamente. Muito embora existam, nos vários ramos da ciência, um certo número de tratados que fazem autoridade, esses tratados são insuficientes. São na maior parte das vezes obras de síntese onde o autor, especialista do assunto tratado, colheu os frutos de trabalhos seguidos durante muitos anos, por vezes durante toda a vida. O seu lugar está em todas as boas bibliotecas e desempenha um papel de primeiro plano na formação dos engenheiros, não sòmente durante os seus anos de escola, mas também nos estudos post-escolares. Mas estas obras, pela sua natureza, não marcam mais que etapes na evolução dos progressos científicos. Para se seguir a evolução duma dada matéria são precisas as revistas. As descobertas e os progressos científicos nelas publicados, segundo dados estatísticos cuidadosamente observados, tardam 3 a 5 anos a serem encorporados nos livros.

O volume de produção é tão grande que as revistas existentes não são suficientes para lhes dar vazão, acontecendo que artigos de autêntica transcendência chegam a estar 3 anos retidos nas redacções à espera de serem publicados.

Fàcilmente se compreende a importância que para o progresso científico tem esta tarefa de reunir, classificar, valorizar e tornar possível o acesso a número tão elevado de documentos.

A luz das descobertas, é o resultado dos conhecimentos dos homens. Os países trabalham sem descanso e os seus homens não desprezam uma parcela do seu trabalho e da sua inteligência para ajudar o Mundo. Mas estes homens trabalham separados uns dos outros por idiomas, crenças, métodos e, quase sempre, pela distância.

Os resultados dos seus trabalhos, publicados nas revistas, ficariam a maior parte das vezes perdidos se não houvesse quem os reunisse, classificasse, traduzisse, resumisse e divulgasse por diversos processos ao alcance dos estudiosos e investigadores que se encontram em condições de deles poderem tirar o melhor proveito. A esta actividade praticada com o objectivo de facilitar o progresso da Ciência e o bem-estar da Humanidade, denomina-se Documentação.

II — Organização e funcionamento da Secção de Documentação do Laboratório

O presente trabalho tem por objectivo descrever a Secção de Documentação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e, em especial, indicar como pode ser utilizado pelas entidades estranhas ao Laboratório.

Fazem parte da Secção, cuja organização se esquematiza na fig. 1, os seguintes sectores: Biblioteca, Gabinete de Impressão e Reprodução, Gabinete de Traduções.

a) *Biblioteca*

A Biblioteca, cuja sala de leitura se indica na fig. 2, é fundamentalmente uma biblioteca especializada no domínio da engenharia civil, muito embora dela também façam parte as publicações relativas às ciências afins da engenharia civil, tais como a física e a química, a matemática, a geologia, a meteorologia, as indústrias, etc. Além das obras clássicas, há a preocupação de nela fazer figurar os trabalhos publicados nos vários países pelos organismos da mesma índole do Laboratório.

Fig. 1 — Esquema de organização da Secção de Documentação

Pretendendo-se sobretudo criar uma biblioteca constantemente actualizada, estabeleceu-se com os organismos nacionais e estrangeiros um regime de permuta de publicações (fig. 3), segundo o qual são recebidos com regularidade, por troca com os trabalhos publicados pelo Laboratório, os trabalhos recentemente publicados por esses organismos. Esta rede de permuta de publicações, já muito desenvolvida, compreende actualmente cerca de 430 entidades nacionais e 318 estrangeiras.

Constituem ainda fonte basilar de documentação as 400 revistas recebidas quer em regime de assinatura, quer em regime de permuta, além das normas, fotocópias, microfilmes, traduções, mapas, catálogos de aparelhagem e de materiais, etc.

O Laboratório tem ainda depósitos de dinheiro nos principais centros mundiais de documentação, o que permite, mediante pedido urgente, receber em poucos dias microfilmes ou fotocópias dos documentos não existentes na biblioteca.

Indicam-se na fig. 4 alguns dados estatísticos relativos ao número de publicações não periódicas recebidas por permuta e por compra e na fig. 5 o valor aproximado das existências.

Logo que são recebidas na biblioteca, as publicações são registadas em fixas próprias após o que ficam em exposição (fig. 6) durante um certo período para conhecimento de todos os engenheiros do Laboratório. Durante o período de exposição, os engenheiros anotam por meio de um impresso especial os artigos das revistas ou os capítulos dos livros dos quais interessa fazer ficha. Terminado o período de exposição a Secção de Documentação recolhe as publicações para classifição e fichagem.

O problema da classificação é, em todas as bibliotecas, de importância fundamental para a eficiência de um serviço de documentação. Dada a infinidade de assuntos a classificar no domínio da engenharia civil e ciências afins, compreende-se de facto, que este problema seja complexo, tornando-se mesmo necessário que este trabalho seja feito por engenheiros especializados nesta matéria. Após várias tentativas adoptou-se, para a classificação dos documentos, a classificação decimal universal a qual, no entanto, e particularmente no domínio da engenharia civil, pouco tem evoluído, não acompanhando a evolução das novas técnicas. Neste capítulo a Secção de Documentação tem em curso um plano para actualização da classificação, o qual está sendo realizado com

o concurso dos especialistas das várias secções do Laboratório e das várias entidades dependentes do Ministério das Obras Públicas.

Fig. 2 — Sala de leitura da biblioteca

Fig. 3 — Rede de permuta de publicações

Os documentos depois de classificados são fichados, isto é, são elaboradas fichas, que vão constituir os seguintes ficheiros:

Ficheiro cronológico — constituído pelas fichas de livros arrumadas pela ordem da sua entrada na biblioteca.

Ficheiro didascálico — constituído pelas fichas de livros arrumadas por ordem alfabética dos títulos das publicações.

Ficheiro de assuntos — constituído pelas fichas de todos os documentos — livros, artigos de revistas, microfilmes, relatórios, traduções, etc. — arrumadas pela ordem da classificação decimal.

Ficheiro de autores — constituído pelas fichas de todos os documentos que possuam autor arrumadas pela ordem alfabética de autores.

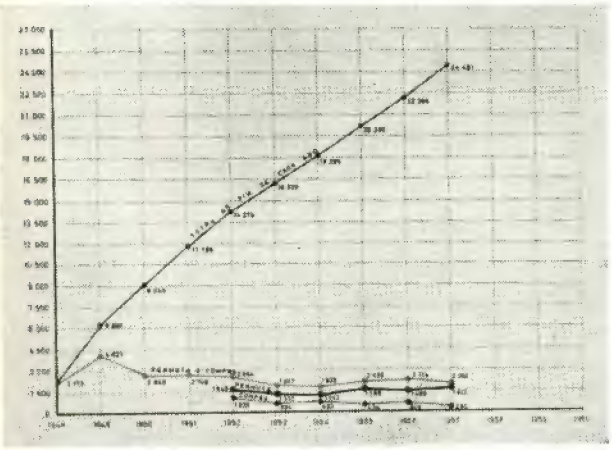


Fig. 4 — Número de publicações não periódicas recebidas

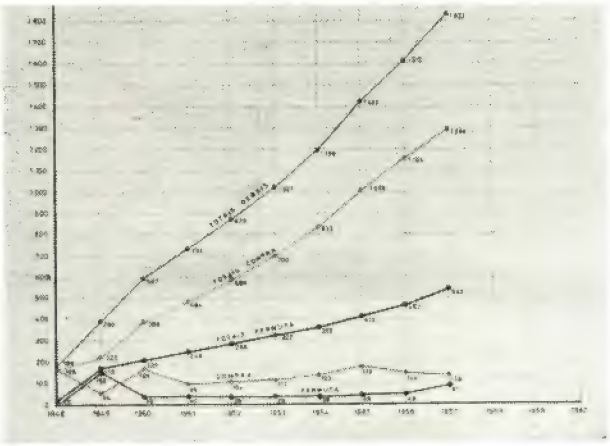


Fig. 5 — Valor das existências em milhares de escudos

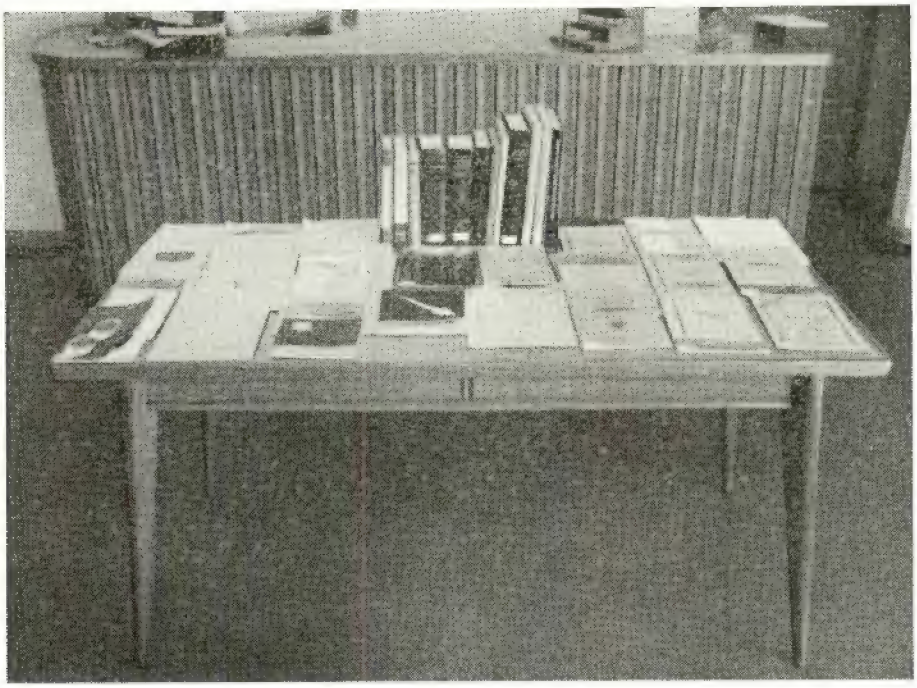


Fig. 6 — Exposição de livros

Na fig. 7 mostra-se uma vista parcial dos ficheiros e na fig. 8 indicam-se alguns dados estatísticos relativos aos ficheiros de assuntos e de autores.

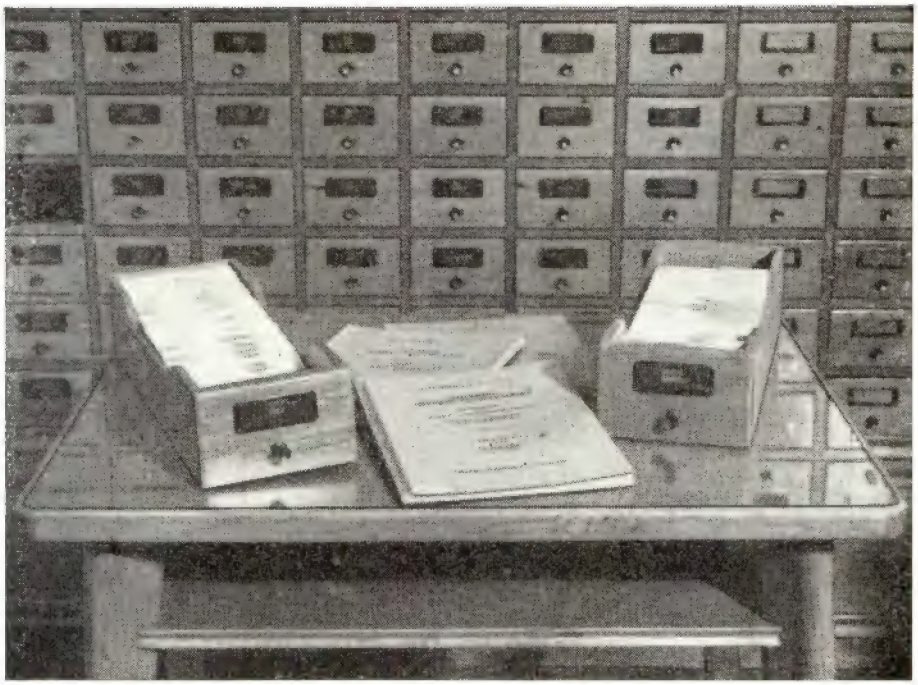
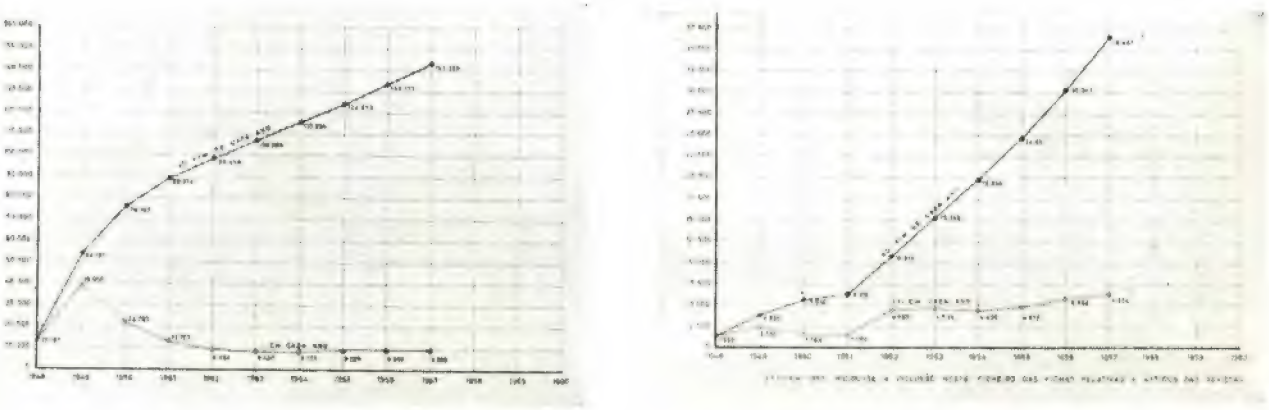


Fig. 7 — Ficheiros

Como se depreende, os dois primeiros ficheiros interessam quase exclusivamente à organização geral da biblioteca, ao passo que os dois últimos são a fonte basilar de informação, permitindo sempre responder às seguintes perguntas:

Existe algum artigo de tal autor?

Que artigos existem sobre tal assunto?



Ficheiro de assuntos

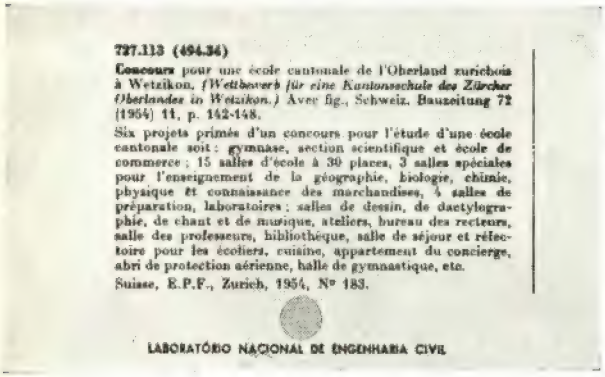
Ficheiro de autores

Fig. 8 — Número de fichas

Admite-se geralmente, hoje, que o papel de um serviço de documentação é o de responder o mais ràpidamente possível a estas perguntas e, em caso de resposta favorável, lhes dar o andamento mais conveniente. O que interessa não é apenas saber que um tal artigo existe, mas tê-lo à mão e servir-se dele.

O caso mais favorável, e aliás mais frequente, é o de poder ler-se o próprio original sem haver necessidade de se recorrer à sua tradução. Se o artigo é pedido por uma entidade estranha, como lhe poderá ser facultado? Poderá enviar-se uma fotocópia, mas mesmo assim será preciso um certo tempo para a reprodução e transmissão. Admitamos agora que há necessidade de recorrer à tradução do artigo. Todos aqueles que se ocupam de problemas de documentação conhecem as dificuldades das traduções técnicas e sabem como são raros os bons tradutores. Conhecem também os métodos correntemente empregados em relação aos quais poderemos dizer que um artigo técnico de extensão normal demora um mês ou mais a ser traduzido, em virtude, não sòmente do trabalho de tradução pròpriamente dito, mas do trabalho de dactilografia, desenho e fotografia.

É no entanto de acentuar que a leitura de um artigo traduzido causa com frequência decepção, não porque ao artigo falte interesse, se bem que isso aconteça algumas vezes, mas porque ele não responde à ideia que se faz, ou mais exactamente, porque não contém os ensinamentos que o título sugeria ou que o leitor nele pretendia ver.



727.113 (494.34)

Concours pour une école cantonale de l'Oberland zurichois à Wetzikon. *(Wettbewerb für eine Kantonsschule des Zürcher Oberlandes in Wetzikon.)* Avec fig., Schweiz. Bauzeitung 72 (1954) 11, p. 142-148.

Six projets primés d'un concours pour l'étude d'une école cantonale soit : gymnase, section scientifique et école de commerce ; 15 salles d'école à 30 places, 3 salles spéciales pour l'enseignement de la géographie, biologie, chimie, physique et connaissance des marchandises, 4 salles de préparation, laboratoires ; salles de dessin, de dactylographie, de chant et de musique, ateliers, bureau des recteurs, salle des professeurs, bibliothèque, salle de séjour et réfectoire pour les écoliers, cuisine, appartement du concierge, abri de protection aérienne, halle de gymnastique, etc.

Suisse, E.P.F., Zurich, 1954, Nº 183.

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

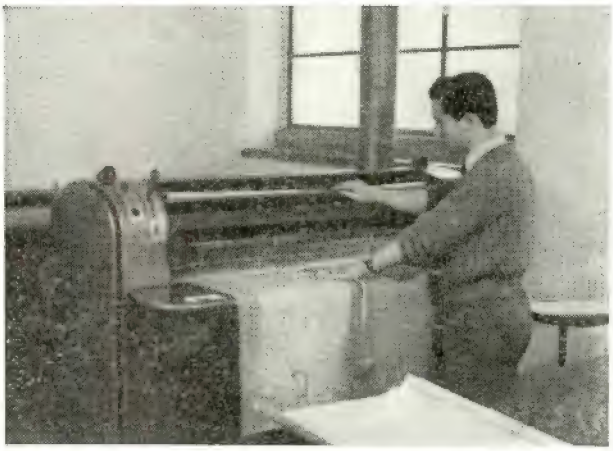
Fig. 9 — Ficha resumo («Astract»)

Notemos ainda que um artigo isolado, qualquer que seja a sua natureza, não constitui uma fonte de documentação. Para se estar documentado sobre um determinado assunto é preciso confrontar teorias, métodos, resultados, o que não é possível se os ensinamentos não forem numerosos e de origem variada. Ora a leitura exaustiva de uma série de memórias, originais ou traduções é um trabalho a que o engenheiro quase sempre não tem tempo de se dedicar.

Todas estas dificuldades estão sendo resolvidas pela inclusão, no ficheiro de assuntos, de fichas com resumos dos artigos das revistas (fig. 9).

Estas fichas, objectivas e sem comentários, são de certo modo a redução homotética do artigo, devendo encontrar-se nelas todo o essencial: posição da questão; teorias, equipamentos ou técnicas

Reproduções a duplicador



Reproduções a ozalid

Fig. 10 — Gabinete de Impressão e Reprodução

experimentais; métodos de cálculo ou processos de construção e, em particular, se as publicações comentam com autoridade os métodos correntes ou se interpretam factos já conhecidos duma forma nova; dificuldades encontradas e resultados obtidos

A elaboração destas «fichas-resumo», necessàriamente realizada por especialistas de documentação, ou documentalistas, representaria, para a variada documentação existente e publicada nas várias revistas, um encargo extraordinàriamente elevado, digamos mesmo incomportável.

Dada a impossibilidade de assim proceder, faz-se o recorte e colagem em fichas dos resumos que vêm publicados nas várias revistas estrangeiras, os quais vão fazer parte do ficheiro, constituindo assim a fonte mais fecunda de documentação.

b) *Gabinete de Impressão e Reprodução*

O Gabinete de Impressão e Reprodução (fig. 10) é o sector da Documentação encarregado de preparar a impressão dos trabalhos do Laboratório os quais, consoante a sua natureza ou importância, são impressos a stencil ou tipogràficamente. Dentre os tipos de trabalho publicados no Laboratório (fig. 11), mencionaremos os seguintes:

1) *Boletim Mensal de Informação*, publicação periódica que dá conta da actividade geral do Laboratório e do qual constam as notas sumárias relativas aos relatórios de actividade dos Serviços, publicações entradas na biblioteca, revistas recebidas, trabalhos publicados, patentes de invenção de engenharia civil, notícias diversas, etc.

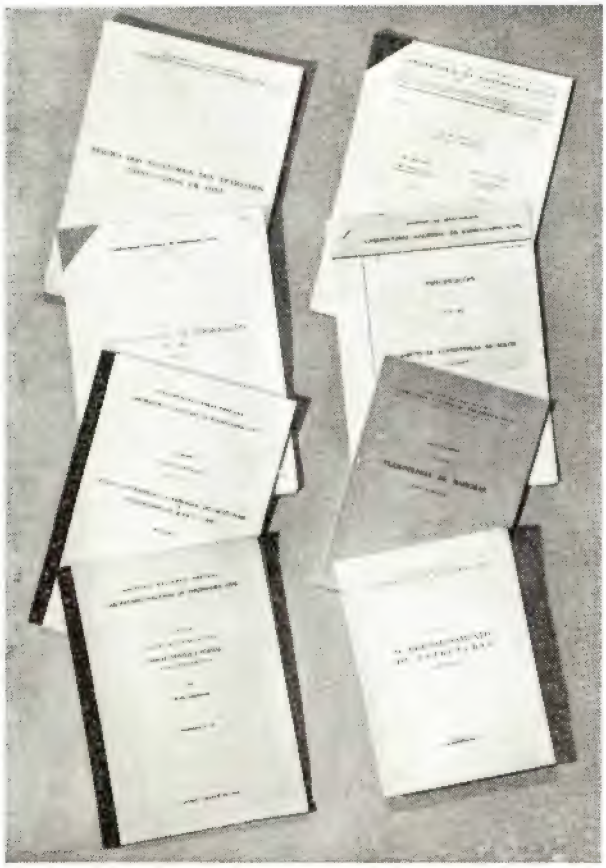


Fig. 11 — Tipos de publicações do Laboratório

2) *Traduções* dos artigos de revistas, partes ou capítulos de livros, normas ou outros documentos;

3) *Circulares de Informação Técnica*, série de publicações de divulgação técnica quer de resultados experimentais quer de compilações bibliográficas seleccionadas sobre temas de interesse técnico generalizado estudados no Laboratório;

MAGUE

S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA

Alverca — Portugal

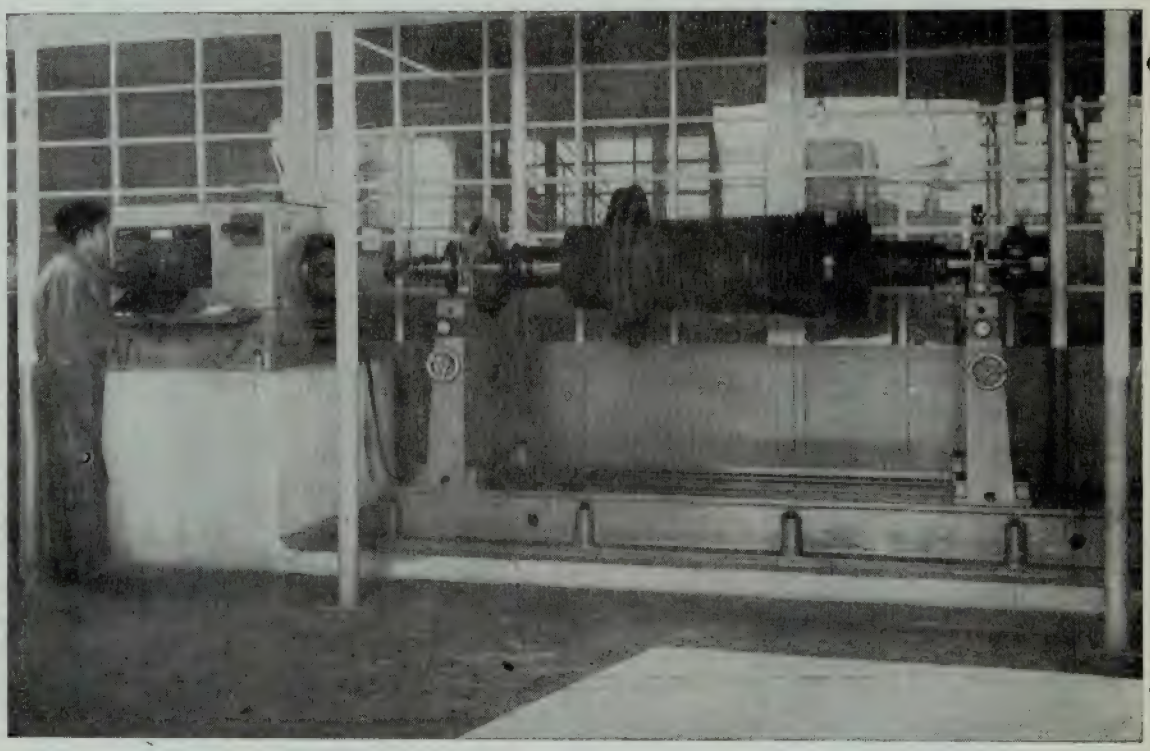
Ponte rolante para a carga de 120 ton. e vão de 19 m com dois carros de movimentos sincronizados em funcionamento nas oficinas de C. F. de Lourenço Marques (Moçambique)

PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES
GUINDASTES
GRUAS, DERRICKS E GUINCHOS
APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS
CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

A COMPANHIA UNIÃO FABRIL

põe à disposição dos seus clientes no Estaleiro Naval:



— Uma oficina de Ensaios e Reparação Diesel

— Uma máquina electrodinâmica de equilibragem para rotores de 30 a 3000 Kgs. — 2 M. de diâmetro máximo — 3,420 m. entre apoios.

ROCHA DO CONDE DE ÓBIDOS
LISBOA

Telef. 66 21 48

4) *Especificações*, série de publicações de carácter normalizador nas quais se fixam as técnicas a adoptar na realização dos ensaios de determinados materiais e estruturas ou as condições a que devem satisfazer determinados materiais ou técnicas de execução. Fazem ainda parte desta última série de publicações os vocabulários ou terminologias em que se procura uniformizar a terminologia referente a determinados assuntos do âmbito da engenharia civil e por vezes estabelecer a sua correspondência com os termos estrangeiros;

5) *Relatórios*, versando temas especiais postos ao Laboratório, confiados às diversas secções de trabalho e que constituem a modalidade de publicação mais corrente;

6) *Memórias* que são por assim dizer, as comunicações de fundo, muitas vezes apresentadas aos congressos nacionais e internacionais.

As publicações do Laboratório destinam-se a fomentar o contacto com os meios exteriores, tendo por finalidade dar a conhecer as suas possibilidades e divulgar a sua acção junto das entidades nacionais e estrangeiras. Permitem, além disso, a manutenção do regime de permuta, a que já nos referimos.

Este sector da documentação tem ainda a seu cargo a impressão dos documentos relativos à organização interna do Laboratório tais como as notas de serviço, instruções, comunicações, boletins semanais e impressos diversos.

Finalmente, compete-lhe ainda o trabalho de reprodução de textos, desenhos e fotografias que fazem parte dos trabalhos do Laboratório.

c) *Gabinete de Traduções*

O Gabinete de Traduções tem por principal atribuição a realização de traduções de artigos técnicos indispensáveis à realização dos trabalhos em curso.

Este sector encontra-se apto a realizar traduções em língua francesa, inglesa, alemã, sueca, norueguesa, dinamarquesa e holandesa.

Compete-lhe também a elaboração de toda a correspondência com as entidades estrangeiras com as quais o Laboratório está em contacto permanente e a tradução dos trabalhos publicados em língua estrangeira.

III — Utilização dos serviços de documentação pelas entidades estranhas ao Laboratório

A Secção de Documentação do Laboratório está organizada em moldes nacionais, isto é, os seus serviços não se destinam apenas a serem utilizados pelo pessoal do Laboratório, mas também pelos engenheiros e arquitectos, estudantes das escolas de engenharia e arquitectura e organismos diversos, sendo-lhes facultado o acesso directo à biblioteca.

Como atrás se referiu, as publicações do Laboratório constituem a melhor forma de divulgação dos resultados dos seus trabalhos, razão pela qual, além da distribuição feita aos organismos nacionais e estrangeiros, elas são depositadas nas principais livrarias de Portugal Continental e Províncias Ultramarinas, a fim de poderem ser adquiridas em regime de compra. As publicações do Laboratório poderão ser adquiridas directamente na Secção de Documentação, aceitando-se, para facilitar a sua aquisição, depósitos de determinadas importâncias para que possam ser recebidas regularmente à medida que vão sendo editadas.

O Gabinete de Traduções funciona também para o exterior, podendo fornecer-se, mediante pagamento dos encargos respectivos, traduções dos documentos existentes na biblioteca. Igualmente poderão ser fornecidos microfilmes ou fotocópias dos vários documentos, o que tem particular interesse para as entidades que se não podem deslocar à biblioteca.

A Secção de Documenteção realiza ainda um serviço de assinatura de fichas bibliográficas relativas a determinados assuntos. Deste modo, qualquer entidade interessada em determinado assunto recebe automàticamente uma cópia das fichas respectivas, elaboradas na Secção de Documentação.

Finalmente, fornecem-se listas bibliográficas de assuntos específicos, umas vezes exaustivas, outras vezes seleccionadas da documentação existente.

A SECÇÃO DE DOCUMENTAÇÃO DO LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

SUMÁRIO

Depois de uma breve introdução, na qual se define «documentação», descreve-se o funcionamento da Secção de Documentação do Laboratório, fazendo-se referência especial aos sectores da Biblioteca, Gabinete de Impressão e Reprodução e Gabinete de Traduções. No sector mais importante, a Biblioteca, descreve-se o sistema de permuta de publicações, classificação adoptada para os documentos, tipos de ficheiros, utilização de resumos, etc.; no sector de Impressão e Reprodução descrevem-se os tipos de trabalhos publicados pelo Laboratório e no sector de Traduções as suas possibilidades em matéria de línguas estrangeiras.

Apresentam-se também alguns dados estatísticos relativos ao desenvolvimento da Secção e indica-se a maneira como os serviços de documentação podem ser utilizados pelas entidades estranhas ao Laboratório.

LE SERVICE DE DOCUMENTATION DU LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

RÉSUMÉ

Après une brève introduction où l'on donne la définition de «documentation», on décrit l'organisation du Service de Documentation du Laboratoire, notamment les secteurs de la Bibliothèque, d'Impression et Reproduction et de Traductions. En ce qui concerne la Bibliothèque, le plus important de ces secteurs, on décrit le système d'échange de publications, la classification adoptée pour la documentation, les types de fichiers, l'utilisation de resumés, etc.; au secteur d'Impression et Reproduction on décrit les diferents types de publications du Laboratoire et au secteur de Traductions, ses possibilités en matière des langues étrangères. On présente aussi quelques donnés statistiques concernant le développement du Service de Documentation et l'on indique la manière dont les organismes étranges au Laboratoire peuvent l'utiliser.

THE DOCUMENTATION CENTRE OF THE LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

SUMMARY

After a brief introduction in which the definition of «documentation» is given, the organisation of the Documentation Centre of the Laboratory is described, special reference being made to the Library, to the Printing and Reproduction and to the Translation Services. In the most important section, the Library, the system of exchange of publications, the classification used for the documents, the types of card-indexes, and the use of abstracts are mentioned; as for the Printing and Reproduction Service the types of publications of the Laboratory are described and concerning the Translation Service, its possibilities in foreign languages are mentioned. Some statistical data are also presented concerning the development of the Centre. Finally the conditions are explained under which institutions outside the Laboratory may use the Documentation Centre.

C. D. U. 624.058.2

A DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE POISSON DO BETÃO DAS NOSSAS BARRAGENS A PARTIR DAS EXTENSÕES MEDIDAS «IN SITU»

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) MARCIANO GUERREIRO
Assistente da Secção de Barragens do
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

I — Introdução

O critério de distribuição de extensómetros em pontos junto ao paramento duma barragem em que se deseja conhecer a evolução do estado de tensão ao longo do tempo tem sido objecto de sucessivo aperfeiçoamento no nosso país. (1), (2) Na primeira barragem onde se colocaram extensómetros, a ensecadeira de Castelo do Bode, eles foram dispostos em rosetas de três, fazendo entre si ângulos de 60°, afinal o mínimo para se poder calcular um estado de tensão plano que era o que se supunha existir nos pontos próximos dos paramentos. Nas barragens seguintes, Castelo do Bode, Venda Nova, Pracana e Alto Ceira, passou a adoptar-se a colocação de quatro extensómetros fazendo entre si ângulos de 45°, isto porque se sentiu a necessidade de fazer uma verificação das extensões medidas através da condição de compatibilidade das extensões referentes a pares de direcções perpendiculares (2). Na barragem de Salamonde e seguintes, com o fim de averiguar a existência de tensões normais aos paramentos, passou-se a colocar junto de cada grupo de extensómetros mais um colocado normalmente aos paramentos. Deste modo poder-se-iam também colher os elementos que conduzissem a uma verificação da validade da hipótese de igualdade de valores do coeficiente de Poisson para as extensões elásticas e de fluência (2), admitida na teoria de Mc Henry (3).

A primeira tentativa de determinação do coeficiente de Poisson (2) conduziu à conclusão da existência de tensões na direcção normal (*) aos paramentos, provàvelmente devidas a fortes gradiantes de temperatura, de retracção, ou mesmo a forças de capilaridade. Esta conclusão obtém confirmação que não deixa margem para dúvidas ao fazer a observação sistemática dos diagramas de extensões corrigidas correspondentes às direcções normais aos paramentos (4).

Foi com base na apreciação e análise desta conclusão que se elaborou o processo conducente à segunda tentativa de determinação do coeficiente de Poisson. Note-se também que esta conclusão arrasta imediatamente outra, que é a da indispensabilidade da consideração, no cálculo das extensões corrigidas, do extensómetro colocado na direcção normal ao paramento para levar a efeito uma conveniente correcção devida ao coeficiente de Poisson.

Efectivamente, a existência de tensões na direcção normal aos paramentos, conjugada com o efeito de Poisson e impedimento parcial ou total à livre dilatação nas direcções do plano paralelo ao paramento, dá lugar à existência de tensões nestas direcções, cuja correspondente parcela nas extensões corrigidas só é possível determinar mediante o conhecimento das extensões na primeira direcção citada. Quer dizer, o não conhecimento das extensões na direcção normal ao paramento, uma vez que a elas correspondem tensões, torna impossível o conhecimento exacto das tensões efectivamente instaladas nas facetas do plano normal a essa direcção.

Constatada pois a existência de tensões na direcção normal aos paramentos, a determinação do coeficiente de Poisson só se poderia fazer conhecendo directamente as tensões nessa direcção, ou então a partir das extensões medidas em épocas em que tais tensões fossem as mesmas. Posto que o primeiro caminho não poderia ser seguido por falta do conhecimento directo da tensão na direcção em causa, houve que explorar o segundo.

O primeiro e principal passo a dar para o percorrer foi exactamente o de definir ocasiões em

(*) Por uma questão de simplificação de linguagem designa-se por *tensão numa dada direcção* a componente normal da tensão numa faceta normal à direcção considerada.

que as tensões nessa direcção fossem iguais. Posta de lado a hipótese de uma contribuição da pressão hidrostática para estas tensões, e uma vez que a sua existência parece ser principalmente devida aos gradiantes de temperatura e humidade nos poros do betão, considerou-se que a tensões iguais na direcção considerada, num dado ponto, corresponderiam extensões iguais no extensómetro corrector que serve o grupo de extensómetros colocado nesse ponto. Esta hipótese deve corresponder bastante à realidade, pois, àparte o período inicial em que há importantes variações volumétricas do betão devidas à hidratação do cimento, as extensões do corrector são principalmente função da temperatura e estado higrométrico do betão no ponto, e, como se sabe, a primeira, bem como os gradiantes de temperatura, e a segunda, bem como os gradiantes de retracção, são comandadas respectivamente pelas variações de temperatura e estado higrométrico exteriores. Quer dizer, as causas que provocam tensões na direcção normal aos paramentos e extensões nos correctores têm a mesma origem, sendo portanto de esperar que a valores idênticos de uma correspondam idênticos valores de outra. Foi com base nesta hipótese que se desenvolveu tudo o que se segue e se obtiveram valores do coeficiente de Poisson.

O estudo agora empreendido, visando a determinação do coeficiente de Poisson, é um dos vários estudos que se podiam desenvolver através de análise cuidada dos valores obtidos em medições de aparelhagem colocada nas nossas barragens. Já foi dito (4), e não é demasiado repeti-lo, cada uma das nossas barragens é um autêntico laboratório contendo potencialmente fontes de conhecimento que não serão fàcilmente esgotáveis.

II — Dedução da expressão de cálculo do coeficiente de Poisson

Consideremos um ponto A (fig. 1), do interior duma barragem, situado a 1 m do paramento de jusante. Seja (2) a direcção radial (normal ao paramento) e sejam (1) e (3) as direcções vertical e tangencial situadas num plano normal à direcção (2). Sejam σ_1, σ_2 e σ_3 as componentes normais das tensões actuantes em facetas normais às direcções (1), (2) e (3) respectivamente.

Àparte as extensões de fluência, entre duas épocas em que o estado térmico e higrométrico do betão seja o mesmo, verificam-se as equações da Teoria da Elasticidade que relacionam as componentes normais das tensões instaladas

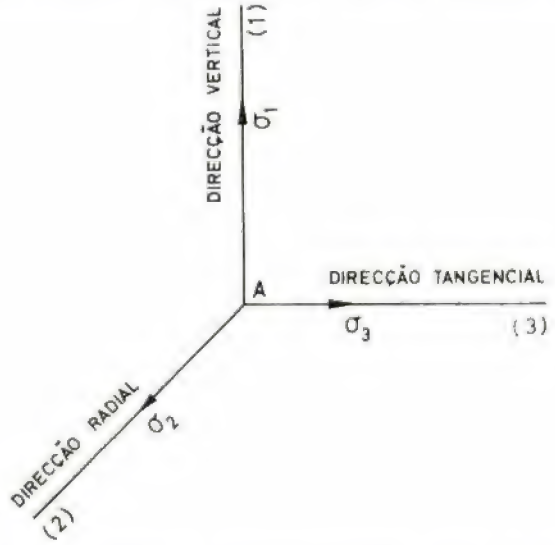


Fig. 1 — Sistema de eixos triortogonal ligado a um ponto A a 1 m do paramento de jusante duma barragem

entre tais épocas e as extensões efectivamente medidas naquelas direcções, as quais se designarão por $\Delta\varepsilon_1$, $\Delta\varepsilon_2^e$ e $\Delta\varepsilon_3^e$:

$$\Delta\varepsilon_1^e = \frac{\sigma_1}{E} - \nu\left(\frac{\sigma_2}{E} + \frac{\sigma_3}{E}\right),$$

$$\Delta\varepsilon_2^e = \frac{\sigma_2}{E} - \nu\left(\frac{\sigma_1}{E} + \frac{\sigma_3}{E}\right), \qquad \text{(a)}$$

$$\Delta\varepsilon_3^e = \frac{\sigma_3}{E} - \nu\left(\frac{\sigma_1}{E} + \frac{\sigma_2}{E}\right).$$

Se designarmos por $\Delta\varepsilon_1^c$, $\Delta\varepsilon_2^c$ e $\Delta\varepsilon_3^c$ as extensões corrigidas nas direcções (1), (2) e (3), as equações (a) podem tomar a forma

$$\Delta\varepsilon_1^e = \Delta\varepsilon_1^c - \nu\left(\Delta\varepsilon_2^c + \Delta\varepsilon_3^c\right),$$

$$\Delta\varepsilon_2^e = \Delta\varepsilon_2^c - \nu\left(\Delta\varepsilon_1^c + \Delta\varepsilon_3^c\right), \qquad \text{(b)}$$

$$\Delta\varepsilon_3^e = \Delta\varepsilon_3^c - \nu\left(\Delta\varepsilon_1^c + \Delta\varepsilon_2^c\right).$$

Como já foi visto na Introdução, a variação das extensões medidas na direcção (2), $\Delta\varepsilon_2^e$, entre épocas em que as tensões são iguais, $\Delta\varepsilon_2^c = 0$, torna possível a determinação do coeficiente de Poisson. Efectivamente, fazendo $\Delta\varepsilon_2^c = 0$ nas equações (b) vem

$$\Delta \varepsilon_1^e = \Delta \varepsilon_1^c - \nu . \Delta \varepsilon_3^c \qquad \text{(I)} ,$$

$$\Delta \varepsilon_2^e = - \nu . \Delta \left(\varepsilon_1^c + \varepsilon_3^c \right) \quad \text{(II)} , \qquad \text{(c)}$$

$$\Delta \varepsilon_3^e = \Delta \varepsilon_3^c - \nu . \Delta \varepsilon_1^c \qquad \text{(III)} .$$

Somando (I) com (III) obtém-se $\Delta \left(\varepsilon_1^c + \varepsilon_3^c \right)$, que substituido em (II) nos dá o valor de ν em função de $\Delta \varepsilon_1^e$, $\Delta \varepsilon_2^e$ e $\Delta \varepsilon_3^e$:

$$\nu = \frac{- \Delta \varepsilon_2^e}{\Delta \varepsilon_1^e + \Delta \varepsilon_3^e - \Delta \varepsilon_2^e} \qquad \text{(d)}$$

$\Delta \varepsilon_1^e$, $\Delta \varepsilon_2^e$ e $\Delta \varepsilon_3^e$ calculam-se a partir dos valores medidos, os quais, mesmo na hipótese de não se terem cometido erros grosseiros, vêm afectados dum certo erro correspondente à precisão com que se faz a medição.

Far-se-á seguidamente um estudo da influência deste erro sobre as determinações de ν, pois este estudo vai permitir o estabelecimento de elementos indispensáveis para a análise dos resultados que se obtiverem nessas determinações.

III — Influência da precisão das medições e do efeito de fluência sobre o valor do coeficiente de Poisson. Critérios de apreciação dos valores obtidos

Vejamos então em que medida poderá ser afectada a determinação de ν por um erro cometido na leitura de qualquer dos valores que serviram de base à determinação de $\Delta \varepsilon_2^e$. A análise da expressão (d) mostra que tal influência depende da soma $\Delta \varepsilon_1^e + \Delta \varepsilon_3^e$ e da própria precisão com que esta soma é conhecida. O problema posto poderá então resolver-se considerando diversos valores de $\Delta \varepsilon_1^e + \Delta \varepsilon_3^e$, determinando o correspondente valor de $\Delta \varepsilon_2^e$ na base de, por exemplo $\nu = 0{,}20$, considerar depois uma pequena variação de $\Delta \varepsilon_1^e$ e ver qual a sua repercussão em ν.

Assim, por exemplo para $\Delta \varepsilon_1^e + \Delta \varepsilon_3^e = 50 \times 10^{-6}$ e $\nu = 0{,}20$ vem

$$\Delta \varepsilon_2^e = 8 \times 10^{-6},$$

e considerando uma precisão de $\pm 5 \times 10^{-6}$ em relação ao valor de $\Delta \varepsilon_2^e$ obtêm-se os seguintes valores extremos de ν

$$\nu = 0{,}35 \quad \text{e} \quad \nu = 0{,}06 .$$

No quadro I indicam-se para vários valores da soma $\Delta \varepsilon_1^e + \Delta \varepsilon_3^e$ a gama de valores de ν que a expressão (d) pode fornecer quando o valor de $\Delta \varepsilon_2^e$ é conhecido com uma precisão de $\pm 5 \times 10^{-6}$.

QUADRO I

$\Delta \varepsilon_1^e + \Delta \varepsilon_3^e$ (10^{-6})	Valor de $\Delta \varepsilon_2^e$ (1) para $\nu = 0{,}20$ (10^{-6})	Gama de valores de ν para $\Delta \varepsilon_2^e =$ (1) ± 5
50	8	0,35 — 0,06
100	17	0,28 — 0,14
150	25	0,25 — 0,15
200	33	0,23 — 0,16
250	42	0,23 — 0,17
300	50	0,22 — 0,18
350	58	0,22 — 0,18

A consideração da precisão $\pm 5 \times 10^{-6}$ em relação ao valor de $\Delta \varepsilon_2^e$ que conduziria ao coeficiente de Poisson 0,20, suposto o mais provável, corresponde a admitir, visto que o aparelho de medida Carlson dá leituras convertíveis em extensões com a precisão de $\pm 2{,}5 \times 10^{-6}$, que a precisão a que se fariam as duas leituras que determinam $\Delta \varepsilon_2^e$ as afectaria no mesmo sentido, ou então, supondo que a precisão não teria afectado as leituras, se teria cometido um erro de $\pm 5 \times 10^{-6}$ numa delas.

De tudo isto resulta que as determinações de ν *só começam a merecer suficiente confiança quando feitas com base em valores de* $\Delta \varepsilon_1^e + \Delta \varepsilon_3^e$ *a partir de* 200×10^{-6}, *e, mesmo assim, ainda estamos sujeitos a uma indeterminação entre 0,23 e 0,16, na hipótese admissível de a precisão das leituras ter influenciado em sentido contrário as duas leituras que vão determinar* $\Delta \varepsilon_2^e$.

Esta conclusão pressupõe ainda que as leituras que determinariam $\Delta \varepsilon_1^e$ e $\Delta \varepsilon_3^e$ correspondem exactamente às extensões efectivas. Note-se no entanto que a precisão com que é conhecida a soma $\Delta \varepsilon_1^e + \Delta \varepsilon_3^e$ pesa muito pouco no valor de ν.

Parece portanto ser orientação segura na selecção de valores de ν, atribuir maior confiança aos que resultam de valores de $\Delta \varepsilon_1^e + \Delta \varepsilon_3^e \geqslant 200$ e, dentre estes, aos pares dos que não diferirem muito quando as determinações se fazem com base em $\Delta \varepsilon_1^e + \Delta \varepsilon_3^e$ e $\Delta \varepsilon_6^e + \Delta \varepsilon_7^e$. No caso do par de valores diferir bastante, ver-se-à se alguma ou algumas das leituras de que derivaram os $\Delta \varepsilon^e$

corresponde nìtidamente a uma singularidade do diagrama, sem correspondência compatível nos outros, isto é, se corresponde a um erro de leitura.

O critério de selecção estabelecido não pode porém ser alheio à consideração dum possível efeito da fluência sobre o coeficiente de Poisson. Portanto *são de considerar todos os pares de valores que não difiram mais do que o intervalo de variação indicado na 3.ª coluna do quadro I para cada valor da soma* $\Delta\varepsilon_1^e + \Delta\varepsilon_3^e$. Uma posterior separação dos valores seleccionados, pelo critério de proximidade e afastamento de datas entre as quais se fez a determinação de ν, poderá dar uma ideia da variação de ν em face da existência de fluência.

Um outro problema a ter em consideração é o facto de às datas entre as quais se calculam os valores dos $\Delta\varepsilon^e$ não corresponder exactamente o mesmo valor da extensão acusada pelo corrector. A consideração deste facto é muito importante, pois já se viu em que medida uma pequena diferença em relação ao valor exacto de $\Delta\varepsilon_2^e$ influenciava o valor de ν. Torna-se portanto necessário verificar em que medida tal irá influenciar o valor de $\Delta\varepsilon_2^e$, e corrigir depois o valor de $\Delta\varepsilon_2^e$ de forma conveniente. Ver-se-à seguidamente como se poderá actuar para efectivar tal correcção. Uma simples comparação dos diagramas de extensões do corrector e do extensómetro colocado na direcção (2) poderá dar uma ideia da correcção a levar a cabo. Bastará fazer a comparação do andamento de ambos os diagramas quando o nível da albufeira se mantem constante. A relação das extensões será o coeficiente por que se multiplicará a diferença dos valores dados pelo corrector nas duas datas consideradas, sendo este resultado que corrigirá o valor de $\Delta\varepsilon_2^e$, isto é, permitirá fazer a redução dos valores que determinam $\Delta\varepsilon_2^e$ ao mesmo valor do corrector.

IV — Resultados obtidos

Apresenta-se seguidamente um dos vários exemplos de aplicação da expressão obtida para a determinação de ν. Na fig. 2 estão traçados os diagramas das extensões medidas pelos extensómetros horizontal, vertical, a 45°, normal ao paramento e corrector, do grupo 7 j da barragem do Cabril. Assinalaram-se sobre os diagramas, com um círculo e com um triângulo, dois conjuntos de épocas para os quais as extensões acusadas pelo corrector foram iguais ou muito aproximadamente iguais. No quadro II apresentam-se os valores das extensões medidas pelos extensómetros do grupo, nas épocas consideradas.

Neste mesmo quadro apresentam-se ainda para cada uma das datas consideradas o valor da diferença $(\varepsilon_6 + \varepsilon_7) - (\varepsilon_1 + \varepsilon_3)$, o qual através da sua variação, permite julgar o aspecto de compatibilidade das extensões e detectar possíveis erros de leitura. No quadro III calculam-se os valores de ν a partir das extensões de cada par de datas, com a mesma extensão do corrector, consideradas no quadro II. Note-se que os valores de $\Delta\varepsilon_2^e$ estão afectados da correcção indicada no parágrafo III proveniente do facto da extensão do corrector não ser exactamente a mesma nos vários pares de datas consideradas. Neste quadro calculam-se para cada par de datas os valores de ν provenientes de cada par de extensómetros colocados em direcções perpendiculares: vertical e horizontal por um lado, e os dois a 45° por outro.

Faz-se seguidamente uma apreciação dos resultados. De modo geral os pares de valores obtidos para cada par de datas consideradas são satisfatòriamente concordantes, o que era de esperar em face da compatibilidade das extensões medidas, aspecto que ressalta da comparação dos valores da coluna 8 do quadro II.

O conjunto de valores de ν é bastante interessante, não se descortinando no entanto qualquer efeito da fluência sobre os valores determinados, pois os maiores e menores valores correspondem exactamente aos obtidos com base respectivamente nas épocas 5 e 6 que são as mais afastadas da época 1. Este efeito, a existir, deve traduzir-se em alterações do valor de ν ao longo do tempo menores que a dispersão resultante da precisão com que é possível determinar aquele valor.

Do conjunto de valores obtidos parece que o coeficiente de Poisson estará compreendido dentro dos limites 0,16 — 0,20, pois é dentro deste intervalo que aparecem os valores de ν merecendo maior confiança dentro do critério estabelecido no parágrafo III. Em relação a alguns pares de datas verifica-se que não se puderam obter valores para ν, ou que os valores obtidos não são concordantes com a maioria. Como é fácil de ver, entre tais épocas os valores de $\Delta(\varepsilon_6^e + \varepsilon_7^e)$, $\Delta(\varepsilon_1^e + \varepsilon_3^e)$ e $\Delta\varepsilon_2^e$ são muito pequenos, dando portanto lugar a determinações de ν falhas

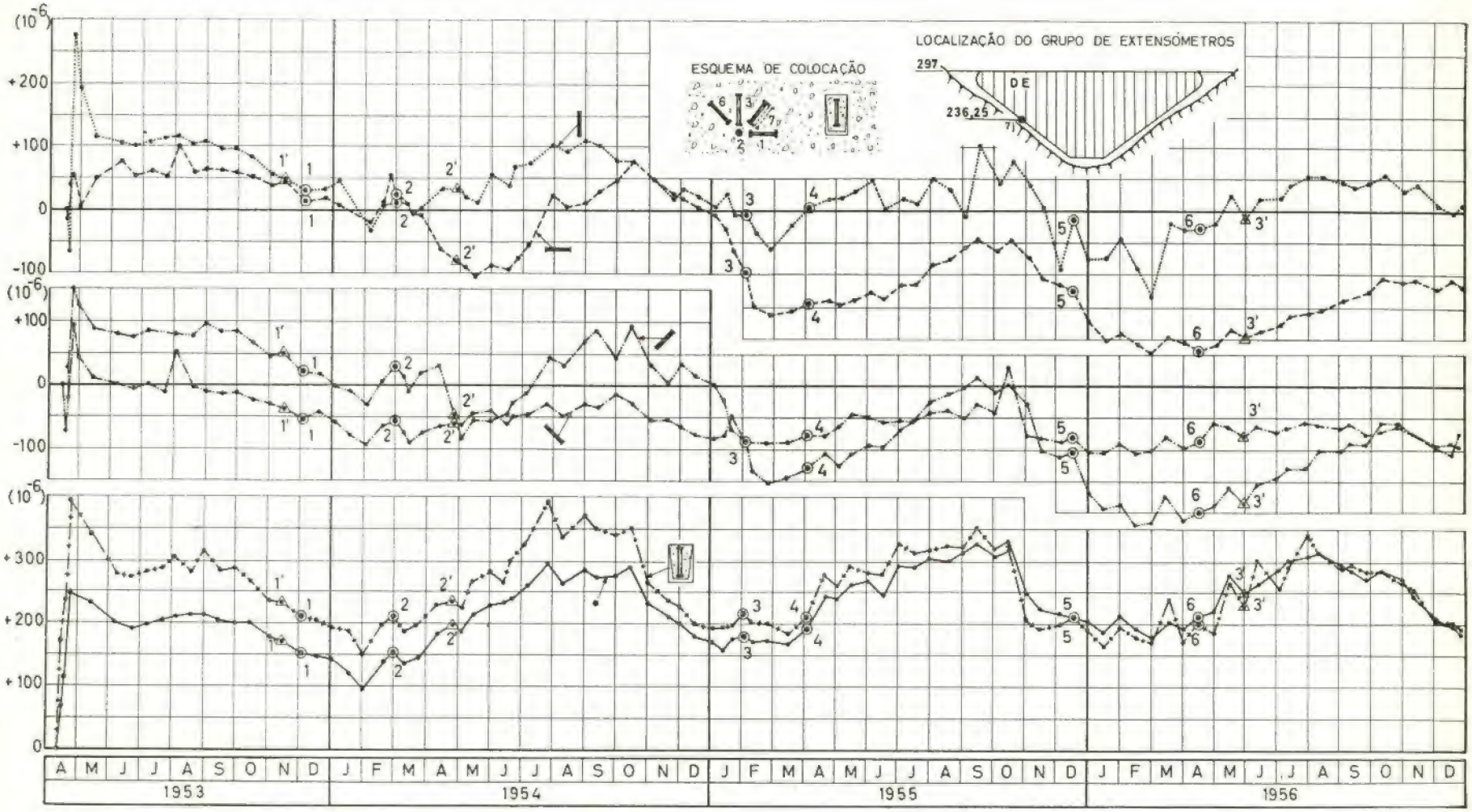


Fig. 2 — Determinação do coeficiente de Poisson a partir das extensões medidas (grupo 7 j)

QUADRO II

Elementos colhidos do diagrama das extensões medidas para cálculo do coeficiente de Poisson

(Grupo 7 j da barragem do Cabril)

Épocas consideradas	Valor das extensões (10^{-6})						(6) $\varepsilon_1^e + \varepsilon_3^e$ (10^{-6})	(7) $\varepsilon_6^e + \varepsilon_7^e$ (10^{-6})	(8) $(\varepsilon_6^e + \varepsilon_7^e) - (\varepsilon_1^e + \varepsilon_3^e)$ (10^{-6})
	Corrector	ε_1^e (1)	ε_3^e (2)	ε_6^e (3)	ε_7^e (4)	ε_2^e (5)			
1	+ 212	+ 19	+ 30	− 50	+ 26	+ 154	+ 49	− 24	− 73
2	+ 211	+ 17	+ 26	− 51	− 33	+ 155	+ 43	− 18	− 61
3	+ 216	− 96	− 6	− 84	− 84	+ 182	− 102	− 168	− 66
4	+ 213	− 147	+ 5	− 76	− 130	+ 196	− 142	− 206	− 64
5	+ 208	− 125	− 12	− 80	− 101	+ 209	− 137	− 181	− 44
6	+ 211	− 221	− 24	− 88	− 201	+ 207	− 245	− 289	− 44
1′	+ 234	+ 50	+ 47	− 35	+ 53	+ 173	+ 97	+ 18	− 79
2′	+ 234	− 78	+ 32	− 57	− 46	+ 199	− 46	− 103	− 57
3′	+ 233	− 201	− 12	− 79	− 182	+ 247	− 213	− 261	− 48

QUADRO III

Coeficientes de Poisson calculados entre as épocas consideradas

(Grupo 7j da barragem do Cabril)

Pares de épocas	(1) $\Delta(\varepsilon_6^e + \varepsilon_7^e)$	(2) $\Delta(\varepsilon_1^e + \varepsilon_3^e)$	(3) $\Delta\,\varepsilon_2^e$	Valores de ν (4) $\nu = \frac{-\Delta\,\varepsilon_2^e}{\Delta(\varepsilon_6^e + \varepsilon_7^e) - \Delta\,\varepsilon_2^e}$	Valores de ν (5) $\nu = \frac{-\Delta\,\varepsilon_2^e}{\Delta(\varepsilon_1^e + \varepsilon_3^e) - \Delta\,\varepsilon_2^e}$	Observações
1 — 2	+ 6	— 18	0	—	—	Valores de (1), (2) e (3) muito baixos
1 — 3	— 144	— 151	+ 32	0,18	0,17	
1 — 4	— 182	— 191	+ 43	0,19	0,18	
1 — 5	— 157	— 186	+ 51	0,25	0,22	
1 — 6	— 265	— 294	+ 52	0,16	0,15	
2 — 3	— 150	— 145	+ 32	0,18	0,18	
2 — 4	— 188	— 185	+ 43	0,19	0,19	
2 — 5	— 163	— 180	+ 51	0,24	0,22	
2 — 6	— 271	— 288	+ 52	0,16	0,15	
3 — 4	— 38	— 40	+ 11	0,22	0,22	
3 — 5	— 13	— 35	+ 19	0,59	0,35	Valores de (1), (2) e (3) muito baixos
3 — 6	— 121	— 143	+ 20	0,14	0,12	
4 — 5	+ 25	+ 5	+ 8	—	—	Valores de (1), (2) e (3) muito baixos
4 — 6	— 83	— 103	+ 9	0,12	0,08	
5 — 6	— 108	— 108	— 5	—	—	Valores de (3) muito baixo
1′ — 2′	— 121	— 143	+ 26	0,18	0,15	
1′ — 3′	— 279	— 310	+ 73	0,21	0,19	
2′ — 3′	— 158	— 167	+ 47	0,22	0,22	

QUADRO IV

Coeficientes de Poisson calculados entre as épocas consideradas

(Grupos 26 j, 10 j e 23 j da barragem do Cabril)

Grupos	Pares de épocas	$\Delta(\varepsilon_6^e+\varepsilon_7^e)$	$\Delta(\varepsilon_1^e+\varepsilon_3^e)$	$\Delta\varepsilon_2^e$	Valores de ν		Valor médio
					$\nu=\dfrac{-\Delta\varepsilon_2^e}{\Delta(\varepsilon_6^e+\varepsilon_7^e)-\Delta\varepsilon_2^e}$	$\nu=\dfrac{-\Delta\varepsilon_2^e}{\Delta(\varepsilon_1^e+\varepsilon_3^e)-\Delta\varepsilon_2^e}$	
26 j	1—3	—200	—199	—26	0,12	0,12	0,18
	1—4	—335	—304	—67	0,17	0,18	
	2—4	—318	—330	—53	0,14	0,14	
	1'—2'	—174	—201	—58	0,25	0,22	
	1'—3'	—112	—128	—46	0,29	0,26	
	1''—2''	—180	—207	—28	0,13	0,12	
	1''—3''	—260	—304	—63	0,20	0,17	
	1''—4''	—385	—407	—81	0,17	0,17	
	2''—4''	—205	—200	—52	0,20	0,21	
10 j	1—3	—379	—338	—100	0,19	0,23	0,21
	2—3	—326	—264	—67	0,17	0,20	
	1'—3'	—393	—340	—126	0,24	0,27	
	2'—3'	—379	—324	—79	0,17	0,20	
	1''—2''	—355	—276	—77	0,18	0,22	
23 j	1—5	—371	—312	—98	0,21	0,24	0,21
	2—5	—337	—346	—108	0,24	0,24	
	3—5	—262	—274	—45	0,15	0,14	
	3—6	—241	—242	—62	0,20	0,20	
	4—6	—161	—148	—46	0,22	0,24	

de confiança, conforme resultou da análise feita no parágrafo III. Desprezando as determinações de ν não merecedoras de confiança e tirando a média das restantes obtém-se para ν um valor médio de 0,18.

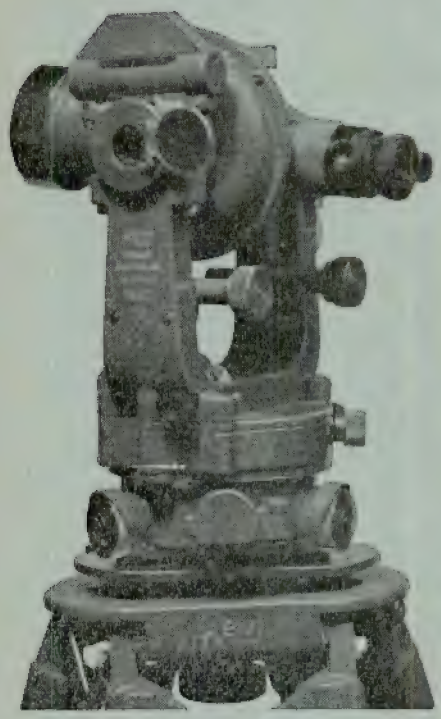
De forma idêntica foram obtidos em relação aos grupos 26j, 10j e 23j, (4) respectivamente os valores médios 0,18, 0,21 e 0,21 (quadro IV). Neste quadro indicam-se os valores de ν obtidos para alguns pares de épocas, que para os grupos 10j e 23j se registam nas fig. 3 e 4. Consideram-se no quadro IV sòmente os pares de épocas que conduziam aos valores de ν de maior confiança.

V — Conclusões

O método descrito para a determinação do coeficiente de Poisson do betão das nossas barragens a partir das medições extensométricas é perfeitamente satisfatório. A obtenção de melhores resultados depende sòmente duma maior precisão das leituras feitas.

Em relação à evolução do coeficiente de Poisson no tempo, isto é, em relação a um possível efeito da fiuência sobre o coeficiente de Poisson, a existir, ele deve ser pequeno e estar dentro da dispersão dos resultados obtidos. A posse de diagramas contínuos de extensões no tempo permiti-

TEODOLITOS



CONSTRUÇÃO DR. H. WILD

DK 2
DKM 2
DKM 2-U
DKM 2-T

SÃO DE LONGE O QUE DE MELHOR SE FABRICA EM TODO O MUNDO!

Precisão inexcedível
Manejo facílimo
Construção robusta
A óptica mais luminosa

Aumento da luneta 30×, abertura da objectiva	45 mm
Focagem mínima a	1,4 m
Focagem máxima para leitura dos mm na mira	230 m
Idem para leitura dos cm	500 m
Constante de multiplicação 100, e de adição	0
Peso do equipamento com tripé extensível, sómente . . .	10,9 Kg

---

KERN & CIE. S. A. AARAU — Suíça

REPRESENTANTES

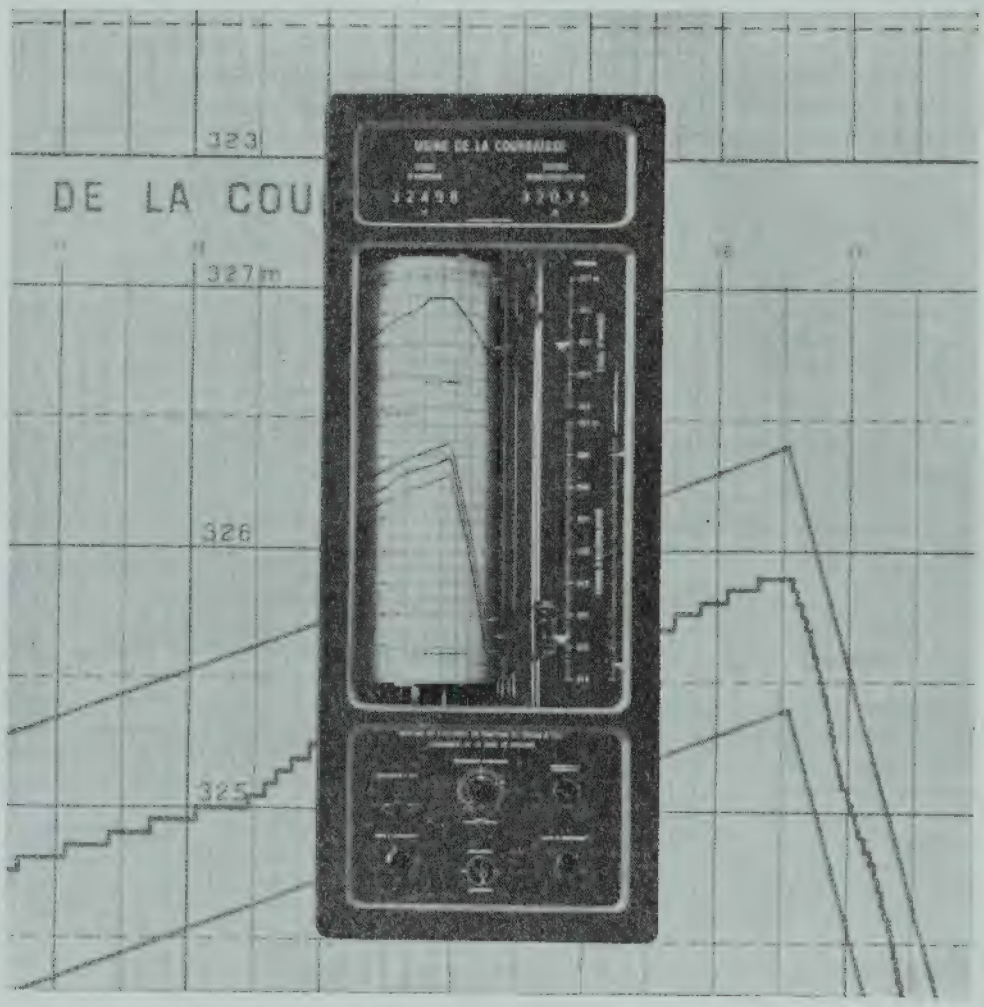
EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & CA. LDA.

RUA DE SANTO ANTÓNIO, 137-145 — PORTO — TEL. 20254/5
RUA ANTERO DE QUENTAL, 17-1.º — LISBOA — TEL. 53366

NOTA — Os teodolitos «KERN» não são aparelhos repetidores, mas sim teodolitos de círculo-duplo, oferecendo portanto maior precisão e um trabalho muito mais simples e mais rápido.

FR. RITTMEYER S. A.

Fabricantes de equipamento de controle para serviços de distribuição de água, barragens, etc.



Teleregistador de nível combinado com teleregulação automática de potência da Central Hidroeléctrica de la Courbaisse (Alpes marítimos)

REPRESENTANTES:

FACTO, LDA.

R. DA MADALENA, 46-2.º — LISBOA

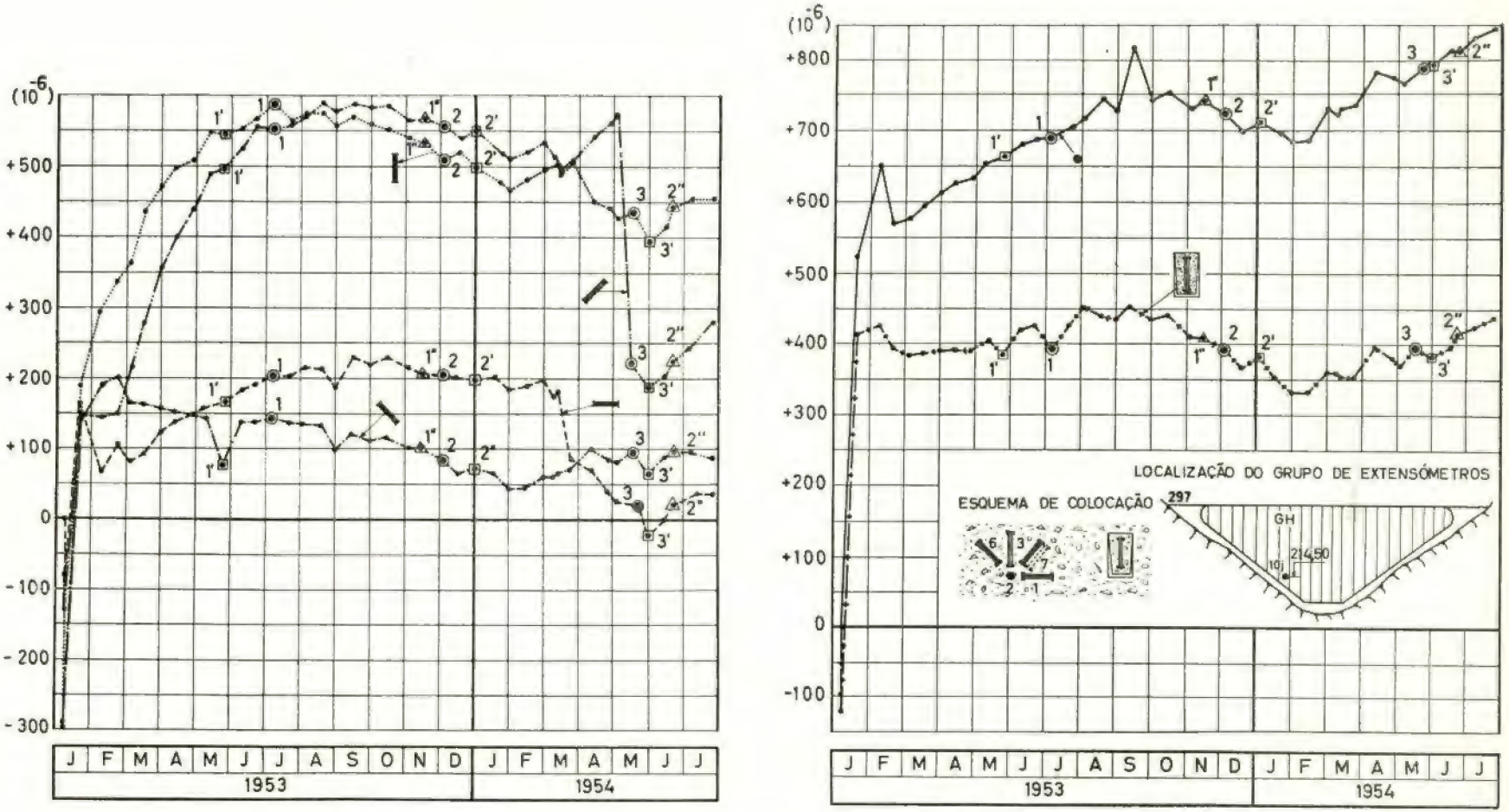
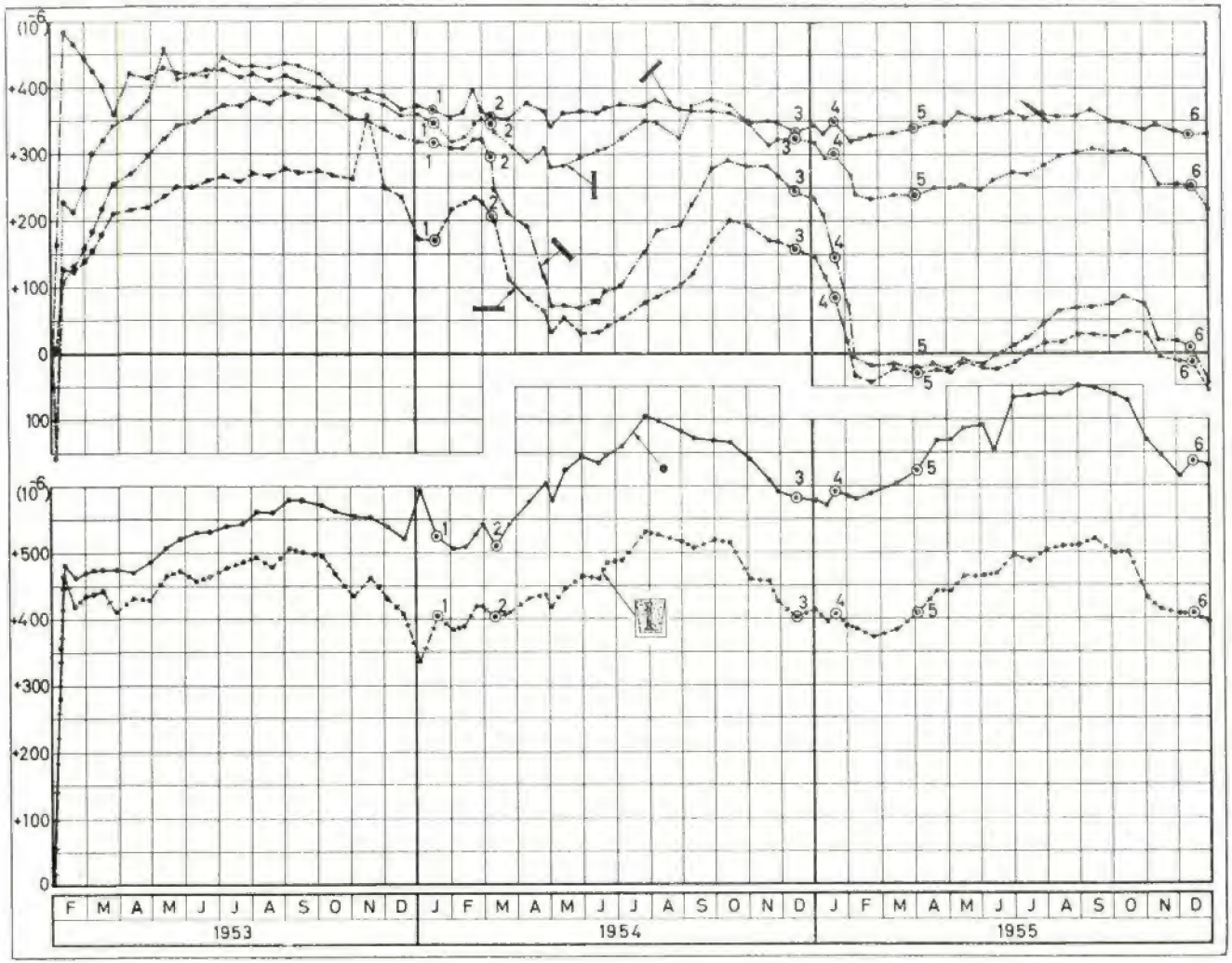
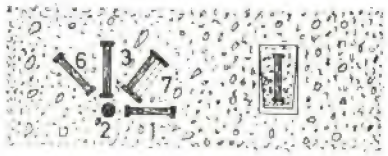


Fig. 3 — Determinação do coeficiente de Poisson a partir das extensões medidas (grupo 10 j)



ESQUEMA DE COLOCAÇÃO



LOCALIZAÇÃO DO GRUPO DE EXTENSÓMETROS

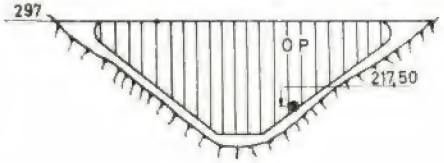


Fig. 4 — Determinação do coeficiente de Poisson a partir das extensões medidas (grupo 23 j)

ria a obtenção de diagramas mostrando a evolução de ν ao longo do tempo, bastando para tal considerar para origem da determinação de ν todo um período correspondente a uma subida ou descida do diagrama de extensões do corrector. Efectivamente, com base neste período e aproveitando todos os períodos seguintes de subidas e descidas do diagrama, é possível traçar diagramas de variação de ν ao longo do tempo, cuja análise permitiria *provàvelmente* apreciar qualquer possível efeito da fluência sobre o valor de ν. Diz-se provàvelmente porquanto parece que o processo indicado atrás para obtenção de diagramas de ν reduziria apreciàvelmente a dispersão de valores agora encontrado, em virtude dos diagramas contínuos de extensões no tempo permitirem com facilidade detectar, pela condição de compatibilidade, os pequenos erros de leitura.

Como conclusão subsidiária do trabalho realizado surgiu o da necessidade de rever o critério de arredondamento dos diagramas de extensões medidas como início do trabalho de compatibilização das extensões. Efectivamente, o cálculo dos valores de ν iniciou-se com base nas extensões colhidas dos diagramas arredondados, verificando-se que os resultados obtidos não eram satisfatórios, embora não desanimadores. A substituição das extensões colhidas dos diagramas arredondados pelas extensões efectivamente medidas modificou completamente o panorama dos resultados, mostrando portanto que os diagramas de extensões medidas não necessitam ser arredondados e que esta operação de arredondamento irá prejudicar a compatibilidade das extensões.

Nota final

Agradece-se aos Srs. Eng.os Joaquim Laginha Serafim e António Ferreira da Silveira a leitura do original, constituindo as suas sugestões o ponto de partida para uma melhor percepção de certas partes do texto.

É justo salientar ainda a contribuição dada pelo experimentador Sr. Pedro Morbey Ferreira para a execução deste trabalho: procura de conjuntos de épocas a analisar, colheita de valores e cálculo, e, a par disto e a incidir em tudo, um espírito crítico a maioria das vezes feliz e fecundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) — Rocha, M., Serafim, J. L., Silveira, A. F. e Rodrigues, O. V. — «The observation of the behaviour of the Portuguese concrete dams», 5.º Congresso das Grandes Barragens, C. 33 — Paris 1955

(2) — Serafim, J. L. — «Measurement of strains in the Portuguese concrete dams», Simposium Rilem sobre Observação de Obras, C. 37 — Lisboa 1956, L.N.E.C.

(3) — Raphael, J. M. — «The development of stresses in Shasta Dam», Trans. A. S. C E., Paper n.º 2547, vol. 118 A, 1953

(4) — Rocha, M., Serafim, J. L., Silveira, A. F. e Guerreiro, M. Q. — «Relatório de observação da barragem do Cabril» — Julho 1957, L. N. E C.

A DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE POISSON DO BETÃO DAS NOSSAS BARRAGENS A PARTIR DAS EXTENSÕES MEDIDAS «IN SITU»

SUMÁRIO

A primeira tentativa de determinação do coeficiente de Poisson (ν) do betão das nossas barragens, a partir das extensões medidas «in situ» (C. 37 do Symposium Sobre Observação de Obras), conduziu à conclusão da existência de tensões actuantes em facetas paralelas ao paramento de jusante. Com base na apreciação e análise desta conclusão desenvolveu-se o método que conduziu à segunda tentativa de determinação do coeficiente de Poisson.

Apresentam-se e discutem-se as hipóteses em que o método se baseia e a partir delas faz-se a dedução da expressão de cálculo do coeficiente de Poisson. Faz-se um rápido estudo sobre a influência da precisão das medições das extensões, no valor de ν, e deduz-se um critério de apreciação dos valores calculados para ν.

Apresenta-se um exemplo de aplicação e os resultados obtidos noutros, cuja apreciação se faz.

Conclui-se ser bastante interessante o conjunto de valores obtidos para ν, que o efeito da fluência sobre ν, a existir, deve ser pequeno e estar contido na dispersão dos resultados obtidos e tira-se ainda do estudo feito uma conclusão subsidiária, muito importante, dizendo respeito à compatibilização das extensões.

LA DÉTERMINATION DU COEFFICIENT DE POISSON DU BÉTON DES BARRAGES PORTUGAIS À PARTIR DES EXTENSIONS MESURÉES IN «SITU»

RÉSUMÉ

La première tentative de détermination du coefficient de Poisson (ν) des barrages portugais à partir des extensions mesurées in situ (C. 37, Symposium RILEM sur l'Observation des Ouvrages), nous a fait conclure qu'il y avait des contraintes agissant sur les plans parallèles au parement aval. En se fondant sur l'appréciation et l'analyse de cette conclusion, on a dévelloppé la méthode qui a abouti à la deuxième tentative de détermination du coefficient de Poisson.

On présente et on discute les hypothèses sur lesquelles la méthode est fondée et on en déduit l'expression de calcul du coefficient de Poisson. On étudie, brièvement, l'influence de la précision des mesures sur la valeur de ν et on déduit un critérium d'appréciation des valeurs de ν calculées.

On présente un exemple d'application et les résultats obtenus en d'autres applications, dont on fait l'appréciation.

On conclut que l'ensemble des valeurs de ν obtenues est très intéressant, que l'influence du fluage sur ν, si elle existe, doit être peu considérable et doit être contenue dans la dispersion des résultats. On tire encore de l'étude une conclusion subsidiaire, très importante, portant sur la vérification de la compatibilité des extensions.

THE POISSON'S RATIO OF THE CONCRETE APPLIED IN PORTUGUESE DAMS DETERMINED FROM STRAINS MEASURED «IN SITU»

SUMMARY

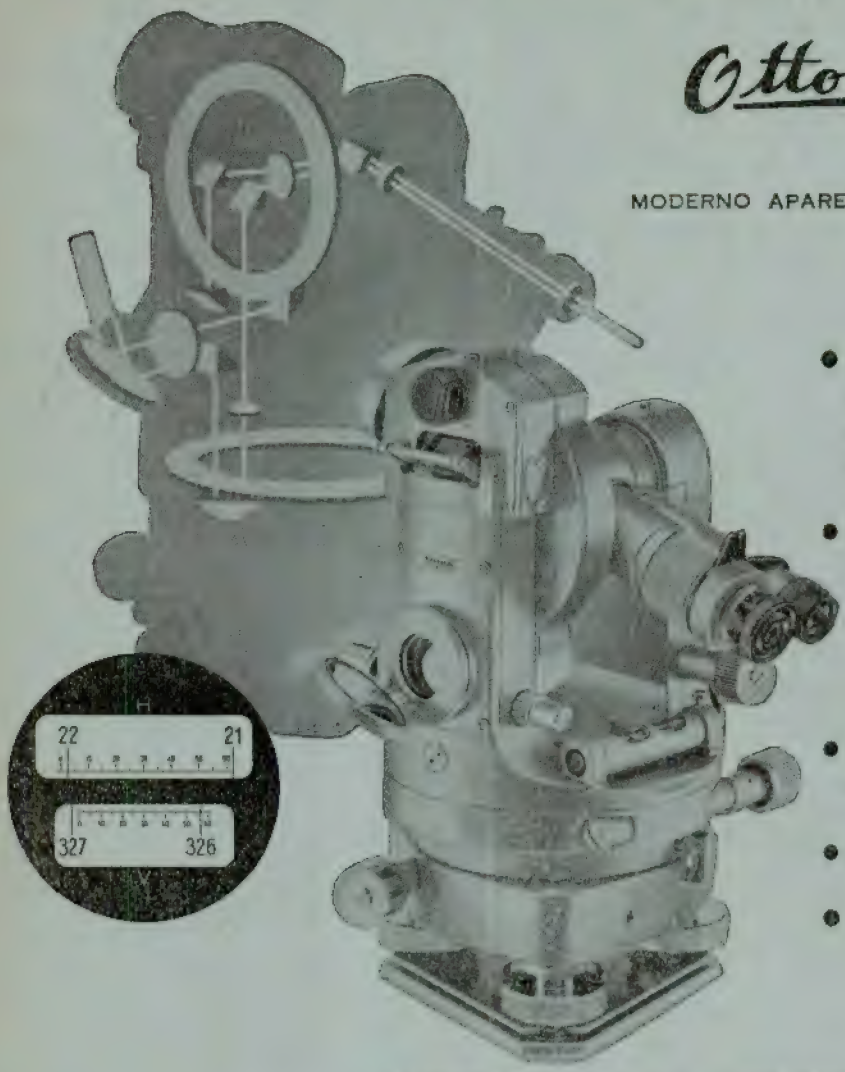
From the first attempt to determine the Poisson's ratio (ν of the concrete of Portuguese dams from strains measured in situ (Paper 37, RILEM Symposium on the Observation of Structures) resulted the conclusion that there were stresses acting on planes parallel to the downstream face. From the study and analysis of this conclusion the method was developed that led to the second attempt to determine the Poisson's ratio.

After presenting and discussing the assumptions on which the method is based, the expression for calculating the Poisson's ratio is deduced from them. The influence of the precision of the strain measurements on the value of ν is briefly studied and a criterion is deduced for judging the values of ν obtained.

An example of application is presented as well as some results of other applications which are also discussed.

The conclusion is reached that the set of values obtained for ν is of some interest, that the influence of creep on ν, if any, is very slight and should be contained in the dispersion of the results. In addition, a very important, although subsidiary conclusion, regarding compatibility of strains, is obtained from the study.

TEODOLITO TAQUEOMÉTRICO FTI



Otto-Fennel

MODERNO APARELHO DISPONDO DE:

- Observação simultânea dos dois limbos pelo microscópio colocado ao lado da ocular da objectiva
- Leitura por sistema directo de 1c e décimos por estimativa
- Leitura do nível vertical por coincidência
- Prumo óptico
- Grande luminosidade

Características ópticas e mecânicas

Telescópio analáctico com lente de focagem interna, retículo medidor de distância, telescópio reversível com o extremo da objectiva.

Constante de adição	zero
Constante de multiplicação	100
Comprimento do telescópio	190 mm
Abertura da objectiva	36 mm
Ampliação	28 x
Distância mínima de mira	1 m
Nível redondo	6' a 8'
Nível de reversão	30"
Nível de horizontalidade paralelo ao eixo de inclinação	40"

Nível junto ao círculo vertical legível por ajustamento da coincidência 40". Passo circunferencial sobre círculos de vidro 360° ou 400 g, de 1° ou de 1 g.

Diâmetro do círculo horizontal 90 mm, do círculo vertical 70 mm

Leitura directa horizontal	1'	1c
Leitura por avaliação	1'	1c
Leitura directa vertical	0,1' = 6"	0,2c = 20cc
Leitura por avaliação	0,2' = 12"	0,25c = 25cc

Pesos: Instrumento 4,7 kg, Tripé com pés extensíveis 6,0 kg, Caixa metálica 4,0 kg

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES — S. A. R. L.

L. DO RATO, 13 — TELEF. 68 21 31/37 — R. DO OURO, 145 — TELEF. 28361/36 85 41

LISBOA

HEENAN & FROUDE LTD.

WORCESTER
ENGLAND

VELOCIDADE VARIÁVEL COM

Motor «shunt» de corrente contínua

Unidade electrónica de rectificação

Regulador de velocidade

Representada por:

THE ENGINEERING COMPANY OF PORTUGAL, LDA.

Rua dos Remolares, 12-1.º — LISBOA

C. D. U. 691.545

POZOLANAS, BETÕES COM POZOLANAS E CIMENTOS POZOLÂNICOS

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) A. DE SOUSA COUTINHO
Investigador do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

(Conclusão)

CONCLUSÕES

1. Causas da reactividade

As pozolanas são materiais siliciosos e aluminosos que devem a reactividade não só à composição química mas também à estrutura interna: quanto mais afastada estiver a sua estrutura da do estado cristalino, tanto maior será a sua reactividade.

As pozolanas naturais são formadas por acção do arrefecimento brusco das lavas seguida de alteração por meteorização. As lavas que melhor se prestam à produção de pozolanas são as lavas ácidas, de que um dos mais importantes exemplos é a pozolana da ilha de Santo Antão, do Arquipélago de Cabo Verde.

As pozolanas artificiais são obtidas pela acção duma temperatura adequada sobre certas rochas sedimentares, siliciosas e argilosas. Essa temperatura é a que promove a saída da água quìmicamente ligada na estrutura da rocha. Os átomos de silício, alumínio e oxigénio da rocha ficam então com algumas ligações por saturar, e manifestam por isso uma grande afinidade, por exemplo, para os catiões dos metais alcalino-terrosos.

2. Reactividade da pozolana com a cal e com o cimento

As reacções da pozolana com a cal integram-se dentro do conhecimento dado pelo estudo do equilíbrio químico nos sistemas de sílica, alumina, cal e água. Muitos dos compostos formados nestes sistemas já foram identificados nas pastas de cal e pozolana, o que prova que na reacção pozolânica se produzem verdadeiras reacções químicas, formando-se compostos, silicatos e aluminatos, diferenciados e distintos dos compostos iniciais.

As reacções da pozolana com os componentes do cimento portland são, contudo, ainda desconhecidas. Deve notar-se a importante acção da pozolana no endurecimento do silicato bicálcico, acção que foi assinalada por Ferrari e que é demonstrada também pela intervenção da pozolana no endurecimento dos cimentos naturais (§§ 20 e 66 e figs. 7 e 52).

3. Controle químico da reactividade da pozolana

A determinação da reactividade pozolânica por métodos químicos só tem interesse, em geral, como ensaio de controle da regularidade da fabricação ou da uniformidade do jazigo duma dada pozolana, e depois de se ter relacionado o resultado desse ensaio químico com as propriedades da pozolana que interesse aproveitar.

A determinação do óxido de cálcio, livre ou combinado, nas pastas de cal e pozolana e nos cimentos pozolânicos é, contudo, da mais alta importância, pois permite determinar a eficiência duma pozolana, em quantidade e qualidade, para resistir aos agentes agressivos.

4. Medição da reactividade da pozolana pelo ensaio tecnológico

Para se ajuizar da qualidade das pozolanas o melhor critério é medir a intensidade da reacção pozolânica pelo processo denominado «ensaio tecnológico de reactividade pozolânica»: determinação das tensões de rotura, à flexão e à compressão, de pastas de cal e pozolana com a proporção, em peso, de 1 para 3, respectivamente.

A determinação das tensões de rotura deverá ser feita até prazos muito longos, de 5 ou 10 anos, embora, para efeitos de controle, tenham de considerar-se apenas os ensaios a 7 e a 28 dias.

5. Pozolanas enérgicas e pozolanas fracas

Tomando como critério de reactividade as tensões de rotura obtidas nos ensaios tecnológicos, podem considerar-se dois tipos de pozolanas: fracas e enérgicas. As de fraca reactividade são pozolanas que, a 7 dias e 28 dias, conduzem a tensões relativamente baixas, mas que a 1 ano ou 3 anos dão tensões de rotura elevadas, mais ainda do que as enérgicas. As pozolanas enérgicas são aquelas que nas primeiras idades,

7 dias e 28 dias, conduzem a tensões muito elevadas que depois pouco crescem com a idade. Na categoria das pozolanas fracas estão as pozolanas artificiais que estudámos, sobretudo a n.º 2, a pozolana natural das Pedras Pretas da ilha de Porto Santo, a pozolana natural italiana (pozolanas naturais originárias de lavas básicas), e as pozolanas artificiais obtidas a partir de argilas diferentes das do grupo do caulino, cozidas a temperaturas superiores à temperatura crítica, isto é, 900 ou 1000° C (fig. 38).

A cinza volante, porque resulta fundamentalmente da cozedura de argilas dispersas no carvão a temperaturas bastante elevadas, é também uma pozolana que apresenta estas características.

As tensões de rotura à compressão obtidas com pozolanas fracas crescem 3,5 a 4 vezes, desde os 28 dias até 1 a 3 anos de idade. No caso das pozolanas n.os 4 e 5 as tensões de rotura determinadas no ensaio tecnológico chegam mesmo a crescer 7 vezes entre os 28 dias e 1 ano (§ 42).

Na categoria das pozolanas enérgicas estão as pozolanas naturais de Santo Antão, artificial n.º 3, de Santa Cruz, o caulino e a diatomite as tensões de rotura à compressão ao fim de 1 ano são 1,3 a 2 vezes as correspondentes aos 28 dias.

As pozolanas que melhor provaram sob os aspectos estudados, relativos à aplicação do betão em grandes massas, isto é, que maior influência possuem no abaixamento do calor de hidratação e no aumento das tensões de rotura do betão, pouco influindo na contracção, mas tendo em contrapartida uma acção maior sobre a sensibilidade à dissecação, são as pozolanas enérgicas (pozolana natural de Santo Antão).

As pozolanas fracas, conquanto a longo prazo mostrem tensões de rotura elevadas em pasta de cal, manifestaram com o cimento uma eficiência muito mais reduzida do que as primeiras.

Tal facto é compreensível pois não deve perder-se de vista que as reacções mais importantes se dão ao princípio, quando o cimento é mais jovem. Passados alguns meses é já muito difícil conseguir que a pozolana reaja com a cal ou com os componentes do cimento, em virtude da alta viscosidade dos produtos de reacção da pozolana, do grau de isolamento da cal por esta, etc. A própria hidratação dos componentes do cimento, que no caso do betão de cimento portland se vai processando regularmente com o tempo, é dificultada pela presença da pozolana, em virtude do abaixamento da alcalinidade do meio. Daqui resulta pois que uma pozolana é tanto mais interessante quanto maior é a sua reactividade inicial.

6. Condições do estudo da aplicação das argamassas com pozolana

Se a pozolana se destina a ser usada em argamassas ou betões, em mistura com a cal, é necessário proceder sempre à determinação da melhor proporção desta mistura, pois tal proporção depende da natureza da pozolana e dos próprios inertes com os quais ela se vai misturar.

As pastas e argamassas de cal e pozolana conservadas ao ar livre sofrem quebras importantes nas suas resistências, chegando a desagregar-se fàcilmente à mão ao fim de alguns meses. As causas deste fenómeno não são bem conhecidas e o único meio de lhe dar remédio consiste em adicionar, a tais misturas de cal e pozolana, cimento portland em proporção que deverá ser objecto duma cuidadosa determinação prévia. Num caso que se apresenta neste estudo, referente à pozolana natural da ilha de Santo Antão, a mistura que se revelou mais eficaz, isto é, que conservada ao ar livre não apresentou menor resistência do que a conservada em meio húmido, foi a de 50 a 60 % de cimento, 5 a 12 % de cal e 30 a 40 % de pozolana de Santo Antão.

7. Aplicação da pozolana no betão: mistura na betoneira e moedura conjunta com o clínquer

A aplicação da pozolana no betão de cimento portland tanto se pode fazer pelo emprego de cimento pozolânico como por adição na própria betoneira, tal como se fosse mais um componente do betão. O único inconveniente que se encontrou neste caso foi o dum atrazo da reacção pozolânica a 7 dias e a 28 dias, relativamente à reacção manifestada com o cimento pozolânico, obtido por moedura conjunta do clínquer de cimento portland com a pozolana. Em idades superiores a 28 dias não há diferença entre estes dois modos de utilização da pozolana.

8. Critérios de estudo da utilização da pozolana nos betões

Quando a pozolana se usa nos betões a substituir parte do cimento, a sua proporção deverá

ser sempre cuidadosamente estudada, de modo a poder tirar-se dela o melhor partido. O método seguido para tal estudo deverá ser o da determinação da evolução da propriedade ou das propriedades em causa, devido à substituição progressiva do cimento por pozolana, dentro de limites suficientemente largos.

No capítulo 9 é apresentado um exemplo do procedimento a adoptar.

Ao estudar-se a aplicação de pozolanas à confecção de betões em grandes massas, onde interessa o calor de hidratação do betão e a tensão de rotura, deve ter-se em atenção o cociente daquele por esta. Com o fim de tornar este cociente independente da natureza do betão no qual se mede a tensão de rotura, o dividendo e o divisor deverão representar, respectivamente, a percentagem do calor de hidratação e da tensão de rotura do betão com pozolana relativamente ao betão sem pozolana, isto é, fabricado apenas com o cimento portland base.

9. Conveniência e inconveniência da aplicação de pozolana no betão em grandes massas

Os resultados apresentados nos capítulos 8 e 9 provam bem que se não pode falar da adequação do emprego das pozolanas em termos gerais. Há pozolanas que, quando substituem parte da quantidade dum cimento, podem piorar as características do betão. É o caso que se referiu da aplicação da pozolana artificial n.º 2 com o clínquer rico de óxido de cálcio (§ 70). Um tal cimento pozolânico é pior do que o cimento portland base.

É necessário ter sempre em atenção este facto ao pretender substituir cimento por pozolana: um cuidadoso estudo prévio das características do produto obtido é absolutamente necessário e pode até desaconselhar a utilização da pozolana.

O cimento pozolânico obtido pela moedura dum clínquer do tipo do do cimento B (quadro XXIII) com a pozolana artificial n.º 4 é equivalente ao cimento portland base (§ 72.2).

Estes cimentos do tipo B com 30 % de pozolana n.º 5 ou com a pozolana alemã, «trass», apresentam também um interesse muito reduzido, ou, até mesmo, nulo (§ 72).

Notável sob este aspecto é a pozolana natural de Santo Antão, que mostrou sempre um comportamento excelente em todos os cimentos, incluindo o do clínquer II, rico de óxido de cálcio; para os cimentos pozolânicos preparados com este clínquer e com a pozolana de Santo Antão obteve-se um cociente $\frac{c}{\sigma}$ médio de 0,81 (quadro XLIV), e, no caso de altas percentagens de pozolana (40 a 50 %), este cociente atingiu mesmo 0,71 a 0,72. Com o clínquer I, pobre de óxido de cálcio, o cociente $\frac{c}{\sigma}$ à mesma idade (28 dias) apenas chega a atingir valores de 0,75 a 0,77 para os cimentos pozolânicos preparados com percentagens de 20 a 40 % de pozolana (§ 69, valores parciais das médias apresentadas no quadro XLI).

10. Influência da natureza do clínquer no valor do cimento pozolânico

Sob o ponto de vista da natureza do clínquer base para a fabricação do cimento pozolânico, não são os clínqueres mais ricos em cal os mais adequados para este fim. O silicato bicálcico desempenha um papel muito importante na qualidade do cimento pozolânico, (§§ 20 e 66). O clínquer II, rico em cal, embora comportando-se bem com a pozolana de Santo Antão, comportou-se muito mal com a pozolana artificial n.º 2.

O cimento natural, constituido por cerca de 65 % de silicato bicálcico, quando utilizado com a pozolana natural de Santo Antão apresenta uma notável aceleração no seu endurecimento. Com efeito, é o único caso em que, logo a 7 dias, a pozolana provoca um nítido aumento na tensão de rotura (fig. 52).

Utilizando 20 % de pozolana natural de Santo Antão com 80 % de cimento natural conseguem-se abaixamentos nos cocientes $\frac{c}{\sigma}$ de mais de 50 % a 28 dias (§ 71, quadro XLVI), Todavia as tensões de rotura são baixas, da ordem de metade das obtidas com os outros cimentos pozolânicos.

11. Influência geral das pozolanas sobre as propriedades dos betões

Apesar da importância fundamental da natureza da pozolana e do cimento portland base pode passar-se genèricamente em revista a influência das pozolanas sobre as principais propriedades do betão.

a) *Trabalhabilidade.* — As pozolanas naturais não exigem aumento substancial da água de amassa-

dura para se obter a trabalhabilidade correspondente à do betão apenas com cimento portland. O mesmo não sucede porém com as pozolanas artificiais que provocam já um aumento substancial na água de amassadura (§§ 63, 65 e 66, figs. 50, 51 e 52).

b) *Tensões de rotura.* — Tomando para tensão de rotura do betão de cimento portland o valor 100, a tensão de rotura do betão obtido daquele por substituição de 30 % de cimento por uma pozolana de qualidade aceitável é a indicada a seguir. Se for inferior, o betão com pozolana ou o cimento pozolânico terão interesse muito reduzido (cap. 8).

Solicitação	7 dias	28 dias	3 meses	6 meses	1 ano	3 anos	5 anos
Compressão	74	89	95	98	101	110	115
Flexão	85	87	108	110	112	114	117

c) *Calor de hidratação.* — As pozolanas aceitáveis têm a seguinte influência sobre o calor de hidratação do cimento portland base, tomando o valor 100 para o calor de hidratação deste a qualquer idade.

3 dias	7 dias	28 dias	3 meses	1 ano	2 anos
63	75	80	81	82	85

d) *Permeabilidade.* — O coeficiente de permeabilidade do betão no qual se substitui parte do cimento por pozolana é muito aumentado nas primeiras idades mas diminui para além dos 28 dias.

A longo prazo, 6 meses, por exemplo, o coeficiente de permeabilidade do betão com 30 % de cimento substituído por pozolana pode baixar até 50 % em relação ao do betão de cimento portland apenas.

e) *Contracção.* — A pozolana nem sempre provoca aumento de contracção e frequentemente, mesmo, redu-la, se os betões e argamassas são conservados em atmosferas de humidades relativamente baixas. À medida porém que a humidade relativa sobe a contracção aumenta e no caso da conservação em atmosfera saturada de humidade chega a exceder em 40 a 60 % a dos betões e argamassas apenas de cimento portland (§§ 58.2 e 74).

f) *Fluência.* — A pozolana aumenta sempre a fluência nos betões jovens, mas em geral diminui-a nos de idade superior a 28 dias. A grandeza da diminuição está relacionada com o aumento da tensão de rotura conferida pela pozolana ao cimento (§ 75).

g) *Tensões a deformação constante.* — Quando uma peça de betão, mantida a deformação constante, é sujeita a variações de temperatura ou de contracção produzida por secagem, geram-se tensões nessa peça. Quando as variações de temperatura são motivadas pelo aquecimento devido ao calor de hidratação do cimento e pelo arrefecimento subsequente da peça, ou quando esta está sujeita à secagem, as tensões instaladas são substancialmente diminuídas pela utilização de pozolana (§§ 76 e 77).

h) *Resistência à acção agressiva.* — Finalmente, deve mencionar-se a acção da pozolana na protecção do betão aos agentes agressivos, quer interiores quer exteriores. O principal fenómeno que concorre para este efeito é a reacção pozolânica, que dá origem a compostos que são estáveis em equilíbrio com soluções não saturadas de hidróxido de cálcio, o qual, em virtude desta reacção, desaparece do interior do cimento. Daqui resulta a impossibilidade da formação do sulfoaluminato de cálcio em condições expansivas. Os agentes que em contacto com o betão tendem a dissolver e arrastar o hidróxido de cálcio não podem então exercer a sua acção visto o hidróxido de cálcio do cimento pozolânico ou desaparecer ou se achar protegido pelos gels de pozolana, silicatos e aluminatos, que se formam à superfície dos cristais de hidróxido de cálcio.

As condições para a formação da camada protectora do betão em meio agressivo são também altamente melhoradas quando se usa pozolana: então, se as condições exteriores são favoráveis, a precipitação do carbonato de cálcio faz-se em meio não saturado de hidróxido de cálcio e sob a forma de grandes cristais, perfeitamente aderentes e preenchendo os poros do betão ou argamassa.

Mesmo no caso apresentado no § 88, onde a alteração do betão ou argamassa é devida a uma reacção entre o feldspato caulinizado do inerte, a água do mar e o cimento portland, o qual fornece o meio altamente alcalino para a formação

do sulfoaluminato, a expansão é completamente evitada pela utilização da pozolana.

Quando a pozolana é usada com a finalidade de aumentar a resistência à agressividade deve também proceder-se ao estudo da quantidade óptima pela qual se deve substituir o cimento, fazendo ensaios de agressividade e de determinação da cal livre com percentagens de substituição de 0 % a 50 %, ou mais ainda, se tal for necessário (§§ 84, 85 e 23.2).

12. Importância da pozolana natural de Santo Antão (Cabo Verde)

De todos os ensaios e estudos realizados conclui-se que a pozolana natural de Santo Antão do Arquipélago de Cabo Verde é, das pozolanas nacionais, aquela que reune melhores condições para ser utilizada com o cimento portland, mostrando maior influência do que todas as outras na modificação das propriedades do cimento portland base. É também a única que, actualmente, está em condições de exploração económica e técnica.

13. Vantagens económicas da utilização da pozolana

Deve tornar a referir-se o facto, já mencionado na Introdução, de o emprego de pozolana conduzir normalmente a uma economia importante no custo do betão, por, na grande maioria dos casos, ser de preço inferior ao do cimento. A sua utilização é indicada nos locais onde existem pozolanas (caso das ilhas do Atlântico) e ainda quando o transporte onere igualmente o cimento e a pozolana, pois então mantém-se a nítida diferença de custo destes materiais nos respectivos centros produtores.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao Sr. Eng.º Afonso J. Fernandes, Investigador do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, a revisão de parte deste trabalho.

APÊNDICE I

CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS LÁVICAS (25) (68)

Com o fim de tornar clara a posição das pozolanas naturais dentro das rochas lávicas que se conhecem, e de sistematizar a sua classificação vamos dar neste apêndice uma classificação das *rochas lávicas*. Embora, na verdade, seja muito difícil dizer, em geral, a que tipo de magma pertence uma dada pozolana pois, como já vimos, a rocha originária deve estar bastante alterada para possuir altas propriedades pozolânicas, o conhecimento duma classificação racional destas rochas permite não só uma arrumação lógica dos diferentes tipos de pozolana, mas também prever mesmo o comportamento pozolânico de certas rochas lávicas.

1. Tipo de classificação adoptada

Há muitas classificações de rochas ígneas, mas nenhuma serve para todos os fins; uma classificação excelente para um dado fim, pode ser inadequada para outro fim.

Distinguem-se dois tipos de classificação das rochas eruptivas: mineralógica e química. Estas classificações são extremamente precisas, dada a precisão com que se fazem quer as análises mineralógicas quer as químicas. No entanto, para certas rochas e para certos fins podem combinar-se as duas classificações.

Um tipo de classificação muito em uso ainda hoje e que para a aplicação às pozolanas é extremamente útil, consiste em classificar as rochas de acordo com a sua percentagem de sílica, que é o factor principal que determina o grau de saturação da rocha. Assim, dentro deste critério, as rochas eruptivas classificam-se em: ácidas ou sobresaturadas (as de maior percentagem de sílica) neutras, saturadas ou intermediárias (as de percentagem intermédia) e básicas ou subsaturadas (as de menor percentagem).

A sobresaturação produz quartzo (excesso de sílica) enquanto a deficiência de sílica resulta em minerais de baixo grau de silicatização (por exemplo, feldspatoides, olivina, etc.).

O quartzo e os feldspatoides são pois quìmicamente incompatíveis. Por consequência, os minerais podem-se combinar nos três tipos de rochas, da seguinte maneira:

1. quartzo e feldspato, nas rochas ácidas ou sobresaturadas
2. feldspato, nas rochas neutras, saturadas ou intermediárias
3. feldspato e feldspatoide, ou sòmente feldspatoide, nas rochas básicas ou subsaturadas.

Cada um destes grupos divide-se por sua vez noutros, conforme o feldspato que predomina é alcalino ou calco-sódico (plagioclase).

2. Classificação dos minerais essenciais

Visto que há necessidade de usar os feldspatos na classificação das rochas, é útil apresentar em seguida o esquema da sua classificação:

Feldspatos	Potássicos $Si_3O_8K\ Al$	Ortoclase Sanidina Microclina Adulária	— por aquecimento da ortoclase a 900° C obtém-se a sanidina. É a forma do feldspato potássico que aparece na lava arrefecida ràpidamente.
	Sódicos $Si_3O_8Na\ Al$	Albite, Ab até a Ab_9An_1 *	
	Calco-sódicos (Plagioclases)	Oligoclase Ab_9An_1 Andesina Ab_7An_3 Labradorite Ab_5An_5 Bytownite Ab_3An_7	
	Cálcicos $Si_2O_8Ca\ Al_2$	Anortite, An até Ab_1An_9	

* Os termos da série das plagioclases são còmodamente expressos por um símbolo que indica a percentagem de moléculas de albite para as de anortite.

Os feldspatoides são caracterizados por serem incompatíveis com a presença do quartzo. Classificam-se do modo seguinte:

Leucite — feldspatoide potássico $Si_2O_6K\ Al$ (por combinação com a sílica dá origem à ortoclase).

Nefelina — feldspatoide sódico $SiO_4Na\ Al$ (por combinação com a sílica dá origem à albite; a nefelina tende pois a tomar o lugar da albite nos magmas pobres de sílica).

Sodalite — a sua composição química exacta é duvidosa, podendo ser representada por $SiO_4nNa\ Al\ ClNa$.

Noseana ou noselite — composição da nefelina com SO_4Na_2.

Hauyna — composição da nefelina com SO_4Ca.

Cancrinite — composição da nefelina com carbonatos: $SiO_4 . 3Na\ Al\ Co_3\ (Ca,Na,H)$.

Melilite — série de silicatos de cálcio, alumínio e magnésio; o primeiro é a akermanite, $Si_2O_7Ca_2Mg$ e a gehlenite, $SiO_7Ca_2Al_2$.

Na classificação mineralógica, os minerais essenciais, que caracterizam uma dada rocha, são em número de 3 a 6.

Os minerais secundários, de que nos não deteremos a apresentar uma classificação, podem atingir, nas rochas eruptivas, até 20 espécies diferentes.

3. Classificação dos magmas

Os magmas classificam-se, como já dissemos, em três categorias: ácidos, neutros e básicos ou em sobresaturados, saturados e subsaturados.

3.1. Magmas ácidos

Constituem todas as rochas ígneas com mais de 10 % de quartzo; quando, como acontece às vezes nas lavas, não haja fenocristais de quartzo, a sua presença pode ser revelada pela análise química. O constituinte principal mais importante a seguir ao quartzo é o feldspato alcalino (desde o potássico até ao sódico).

O nome vulgar das lavas deste tipo é o riolito, embora antigamente tenha também sido designado por liparite. Actualmente considera-se que o magma ácido dá origem aos riolitos, toscanitos e dacitos.

O riolito é o tipo vitroso da lava. Apesar da proporção do vidro para o mineral cristalino ser infinitamente variável, os tipos mais ricos em vidro são chamados *obsidianas, pichstone* ou *pumice*. A obsidiana é pois um vidro natural de composição riolítica (ou granítica), escuro, de fractura conchoidal nítida. No pichstone há mais material cristalino do que na obsidiana.

A percentagem de água do pichstone pode ir de 1 a 10 % enquanto na obsidiana é inferior a 1 %.

3.2 Magmas neutros

Incluem os magmas sieníticos, dioríticos e o grupo intermédio sieno-diorítico. Não contêm quartzo. Os silicatos corados têm um papel pouco importante, ao contrário do que acontece nos magmas básicos.

Há portanto três graus de alcalinidade, como nas rochas ácidas, expressos na relação do feldspato alcalino para a plagioclase.

Nas rochas sieníticas predomina o feldspato alcalino e nas dioríticas a plagioclase. O grupo em que os dois feldspatos aparecem com a mesma importância é o do sieno-diorítico.

3.3 Magmas básicos

Incluem o magma gabroide, o magma rico em álcalis e o magma ultramafítico.

O magma gabroide tem o seu representante lávico nos basaltos.

Nos basaltos o feldspato é constituído por plagioclase do tipo labradorite-anortite, que ocorre em fenocristais de tamanho relativamente grande, ou em microlitos, de composição um pouco mais sódica; o feldspato aparece associado com piroxenas, com ou sem olivina. Quando existe olivina, a rocha chama-se basalto com olivina.

Como minerais secundários, aparecem a biotite, a apatite, o zircónio, a magnetite, a ilmenite, e, raramente, hornblenda.

São escuros, de alta densidade. Expostos à acção dos agentes atmosféricos tornam-se vermelhos ou esverdeados devido ao desenvolvimento de minerais secundários, como a serpentina e clorite.

O magma básico rico em álcalis, é um grupo também pobre em sílica, mas rico em álcalis como indica o nome. Muitos tipos são gabros ou gabros olivínicos com adições importantes de silicatos ricos em sódio como a analcite e a nefelina. Outras rochas não têm afinidade com os gabros e basaltos; contêm alta percentagem de feldspatoides e têm afinidade evidente com os sienitos nefelínicos.

QUADRO A I

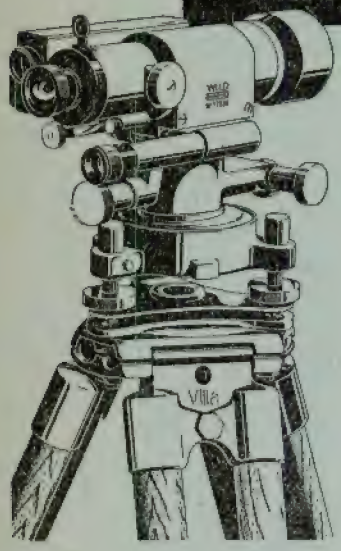
Composição mineralógica sumária dalgumas rochas lávicas

Classificação primária	Magma	Designação da rocha lávica	Feldspatos: Alcalinos	Feldspatos: Plagioclases	Quartzo	Feldspatoides	Micas	Anfíbolas	Piroxenas	Olivina	Magnetite	Ilmenite
Sobresaturados ou ácidos	Granítico	Riolitos alcalinos: Potássicos	(a) $\geqslant 45\%$	$\leqslant 20\%$	de 10 % a 25 %	—	5 %	0 % a 1 %	1 % a 0 %	—	2 %	1 %
		Riolitos alcalinos: Sódicos										
		Toscanitos	(b) 20 % a 45 %	45 % a 20 %								
		Dacitos	$< 20\%$	$< 45\%$								
Intermediários, saturados ou neutros	Sienítico	Traquitos: Sobresaturados. Quartzíticos	(c) 25 % a 40 % até 80 %		$< 10\%$							
		Traquitos: Saturados. Ortotraquitos										
		Traquitos: Subsaturados: Fonolitos, Leucitófiros, Hauynófiros	$> 40\%$		— —	de 10 % a 80 %	2 %	7 %	4 %	—	2 %	1 %
	Sieno-diorítico	Traquiandesitos	20 % a 40 %	40 % a 20 %								
	Diorítico	Andesitos	—	$> 40\%$			5 %	12 %	11 %	—	2 %	
Subsaturados ou básicos	Gabroide	Basaltos	—	(d) 65 %	—		1 %	3 %	20 %	$\leqslant 7\%$	2 %	2 %
	Rico em álcalis	Nefelinitos, Leucititos, Hauynitos, Analcititos, etc.	—	—	—	Só contêm feldspatoides e minerais negros, ferromagnesianos.						
	Ultramafítico	Limburgitos, Augititos, Alnoitos, Uganditos, Turgaitos, Okaitos, Lamprófiros, etc.	—	—	—							

(a) Predomínio da ortoclase, sanidina ou microclina, sobre a albite.
(b) Predomínio da albite sobre os feldspatos potássicos.
(c) Desde a sanidina até à albite.
(d) Labradorite.

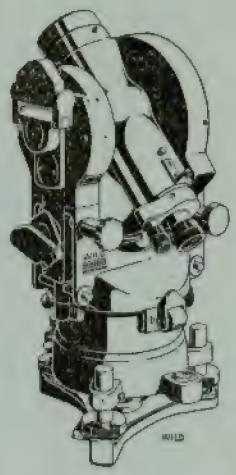
WILD
HEERBRUGG

a marca suíça
de fama mundial



NÍVEIS E TEODOLITOS

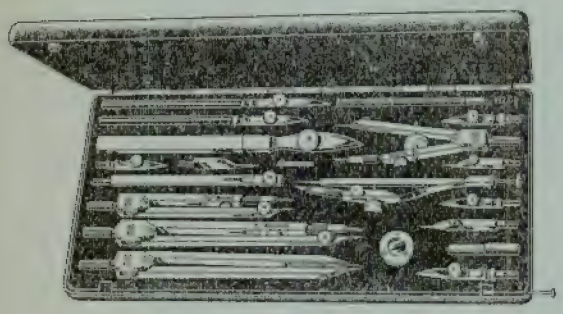
de construção moderna
para todos os fins



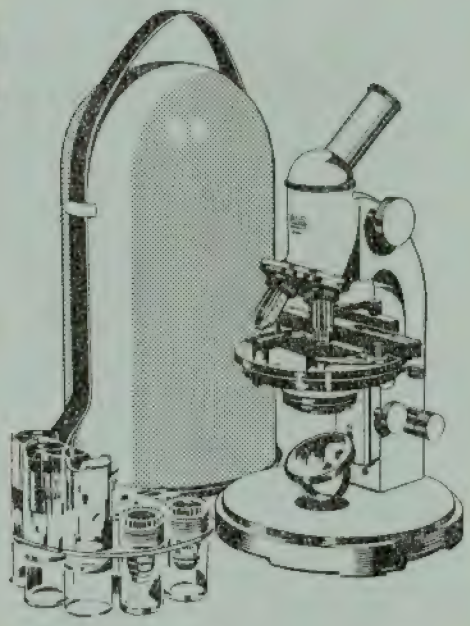
MICROSCÓPIOS

com equipamentos para todos
os trabalhos de microscopia

WILD
HEERBRUGG



Estojos de desenho **Wild**
Únicos de aço crómio inoxidável



REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

WILD PORTUGAL, LDA. PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8 S/L 6
LISBOA — TELEF. 68 11 27

ROLIM COMERCIAL

S. A. R. L.

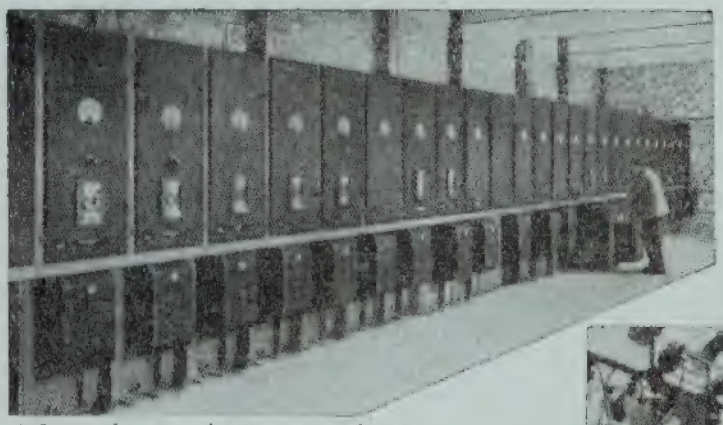
Fornecedores de material para:

TERRAPLENAGENS
ESTRADAS
PONTES
CONSTRUÇÃO CIVIL
MINAS
MÁQUINAS-FERRAMENTAS

Permanente stock de máquinas em armazém.

Escritório:
Largo Vitorino Damásio, 3-1.º
Telef. 66 01 95 LISBOA

Oficina:
Tr. Marquês Sá da Bandeira, 12
Telef. 76 42 24 LISBOA



APARELHAGEM
DE CORTE

A figura da esquerda mostra um dos 4 paineis do equipamento auxiliar da Central Geradora de Rye House, B. E. A. Eastern Division, compreendendo um total de cento e catorze disjuntores em banho de óleo, de contactos verticais tipo QF, 150 MVA, 3,3 kV;

A figura da direita mostra: Parte da instalação exterior com barramento duplo de 33-KV, 1.000 MVA, da central acima, contendo disjuntores em banho de óleo do tipo JB.

THE **BRITISH THOMSON-HOUSTON** CO. LTD · WILLESDEN · ENGLAND
Member of the AEI group of companies

REPRESENTANTES GERAIS
GENERAL ELECTRIC PORTUGUESA
RUA DO NORTE, 5 – LISBOA • RUA SÁ DA BANDEIRA, 585 – PORTO

4 4628

Há diversos tipos destas rochas que nos não deteremos a descrever pois não nos interessam especialmente: tefritos, basanitos, nefelinitos, leucititos, analcititos, etc.

As mais importantes são as lavas leucíticas, da região de Roma: são constituídas por grandes cristais de leucite, rodeados por material esbranquiçado que se supõe ser vidro alterado.

Na província romana o tipo dominante é o leucite-basanito, que, de facto, é um basalto com olivina, adicionado de leucite. Há presunções de que o magma originário fosse basáltico. Nalgumas rochas leucíticas o sódio sobreleva o potássio, na proporção de 3 para 1, mas em geral nas lavas leucíticas, a proporção de OK_2 para ONa_2 vai de 3,8 a 1,6.

A percentagem de sílica varia de 55 a 33 %; cobrem um largo intervalo de composição química.

Finalmente, o magma ultramafítico é constituído apenas por minerais ferromagnesianos e por minerais acessórios. Se existir feldspato, não se trata de rochas deste grupo. Não formam largas intrusões nem ocorrem independentemente de outras rochas, com as quais estão genèticamente ligadas.

São constituídas por cristais de alta densidade e de formação recente. Os tipos lávicos principais são, limburgitos, augititos, alnoítos, uganditos, turjaítos, okaítos, lamprófiros, nomes que ou indicam o mineral que predomina, ou o local onde aparecem.

4. Composições químicas e mineralógicas médias

Nos quadros A I e A II estão indicadas as composições mineralógicas e químicas destas lavas.

Nas percentagens dos minerais indicados nas composições mineralógicas (quadro AI) não se deve ver mais do que a ordem de grandeza das proporções, as quais aliás, em casos muito particulares, podem afastar-se sensìvelmente das indicadas.

QUADRO A II

Composição química dalgumas rochas lávicas

Componentes	Riolito potássico	Riolito sódico-potássico (obsidiana)	Riolito sódico	Dacito	Traquito	Traquiandesito	Andesito	Basalto	Tefrito	Basanito	Limburgito	Augitito
SiO_2	73,76	75,52	68,63	65,68	60,68	57,84	59,59	49,06	49,14	44,64	40,2	41,05
O_3Al_2	11,98	14,11	0,35	16,25	17,74	17,24	17,31	15,70	16,57	15,35	12,8	24,19
O_3Fe_2	1,14	1,74	10,30	2,38	2,64	3,97	3,33	5,38	3,65	4,51	4,0	9,51
OFe	2,40	0,08	5,60	1,90	2,62	3,18	3,13	6,37	6,68	6,33	10,4	—
OMg	0,76	0,10	2,61	1,41	1,12	1,25	2,75	6,17	3,98	7,92	11,9	5,11
OCa	0,32	0,78	0,37	3,46	3,09	4,20	5,80	8,95	9,88	9,88	10,4	10,99
ONa_2	0,53	3,92	1,07	3,97	4,43	5,67	3,58	3,11	2,57	3,54	2,7	5,69
OK_2	7,38	3,63	6,14	2,67	5,74	3,62	2,04	1,52	3,39	2,67	0,8	1,89
OH_2	1,75	0,39	4,17	1,50	1,26	1,30	1,26	1,62	2,00	2,18	3,4	1,62
O_2Ti	0,12	—	0,53	0,57	0,38	1,11	0,77	1,36	1,00	1,95	2,9	—
Outros constituintes	0,34	0,11	0,23	0,21	0,30	0,62	0,44	0,76	1,14	1,03	—	—

APÊNDICE II

CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE NIGGLI PARA DETERMINAR A COMPOSIÇÃO PETROGRÁFICA DUMA ROCHA VULCÂNICA A PARTIR DA ANÁLISE QUÍMICA

O conhecimento profundo das rochas eruptivas, e das relações entre elas, permite fazer uma classificação das rochas nos seus tipos magmáticos, a partir simplesmente da análise química. Tal modo de classificar já tem sido objecto de numerosos estudos, desde os de Cordier, em 1815 até B. Choubert, em 1947. (25)

O método que vamos em seguida apresentar é devido a Niggli, e, além de parecer o mais simples, foi o usado por Berthois nos seus trabalhos, já citados, comparativos da composição das rochas das ilhas atlânticas e por isso adoptado por nós.

Sem entrarmos no detalhe das razões teóricas que impõem este método de cálculo, vejamos como se pode fazer a classificação das rochas a partir da análise química.

Suponhamos que se fizeram as determinações das percentagens dos óxidos elementares mais importantes mencionados a seguir.

Divide-se então a percentagem destes óxidos elementares pelos pesos moleculares dos óxidos respectivos, obtendo-se deste modo os *números moleculares*. Estes números moleculares são depois agrupados somando o número molecular do O_3Al_2 com o do O_3Cr_2 e o das terras raras (grupo *al*), somando o dobro do número molecular do O_3Fe_2 com os números moleculares do OFe, OMg, OMn, OCo e ONi (grupo *fm*), somando o número molecular do OCa com o do OBa e com o do OSr (grupo *c*) e o do OK_2 com o do ONa_2 e com o das terras raras alcalinas (grupo *alk*). A soma destes quatro grupos é recalculada em percentagem, e os números obtidos são designados por *al*, *fm*, *c* e *alk*.

Os números moleculares do SiO_2, do O_2Ti, do O_2Zr, O_5P_2, OH_2 e CO_2 são recalculados pela aplicação da expressão

$$si = \frac{\text{número molecular do } SiO_2 \times al}{\text{número molecular do } O_3Al_2}$$

substituindo o SiO_2 pelos óxidos respectivos.

Estes dois grupos $al + fm + c + alk = 100$ e *si* incluem os constituintes mais importantes das rochas. Mas é ainda necessário o conhecimento da proporção molecular do OK_2 comparada com a soma dos álcalis em *alk*, e o da proporção molecular do OMg comparado com a soma dos elementos divalentes em *mg*:

$$k = \frac{OK_2}{OK_2 + ONa_2 + OLi_2} \qquad mg = \frac{O\,Mg}{OMg + OFe + OMn}$$

O índice, *qz*, quartzo, deriva-se agora destes parâmetros.

Por meio de combinações apropriadas entre estes parâmetros consegue-se chegar a determinar os minerais principais e secundários que constituem as rochas eruptivas, e portanto chega-se a fazer a sua classificação, segundo uma determinada marcha de cálculo e utilizando tabelas que constam dos Manuais de Trabalhos de Petrografia, como, por exemplo, a citada na referência bibliográfica (104).

No nosso caso não nos vale a pena ir mais longe pois tomando para base o trabalho de Berthois, o simples conhecimento dos parâmetros fundamentais permite-nos fazer a localização das pozolanas na série de rochas já estudadas por este geólogo das ilhas atlânticas.

APÊNDICE III

FORMAÇÃO DAS LAVAS

1. Formação e propriedades das lavas

As lavas são constituídas por magma que é expelido para a superfície da terra através de fendas ou chaminés, durante uma erupção vulcânica. Ao estudar uma dada erupção vulcânica é necessário ter em conta dois factores que são muito importantes: a viscosidade dos magmas e a sua temperatura.

A viscosidade dos magmas depende, além da temperatura e da pressão, da composição química. Os magmas ácidos, com alta percentagem de sílica, têm uma viscosidade maior do que os básicos e são magmas ricos em matérias voláteis.

Na tabela seguinte estão indicadas as viscosidades de algumas substâncias que se encontram nas lavas, e das próprias lavas. (25)

Material	Temperatura °C	Viscosidade $gs^{-1} cm^{-1}$
$Si\ O_2$	1440	1×10^{10}
$Si\ O_2$	1300	1×10^{12}
Obsidiana	800	1×10^{12}
Albite	1400	4×10^{4}
Albite	1150	$\sim 10^{8}$
Basalto	1400	1×10^{2}
Piroxenas	1450	5×10^{0}
Água	20	2×10^{-2}
Glicerina	20	1×10^{1}

Infelizmente a viscosidade real dos magmas é pouco conhecida, pois, em virtude da sua inacessibilidade, são de muito difícil observação.

À medida que aumenta a viscosidade da lava esta mostra uma tendência maior para solidificar em vidro. Os vidros das rochas ácidas (obsidiana e pichstone) são muito mais vulgares do que os vidros basálticos.

As temperaturas das lavas são elevadas; os constituintes voláteis provocam a fervura, tal como se consegue realizar no laboratório. As lavas basálticas têm temperaturas mais elevadas do que as ácidas, variando entre 1000 e 1200° C.

Durante uma erupção as lavas formam correntes de maior ou menor extensão, conforme a fluidez do magma, sendo os mais básicos os mais fluidos. Na Islândia, as lavas são de composição basáltica e eram tão fluidas que se estendem até 60 a 80 km do ponto da erupção.

Contrastando com estes mantos de lavas há cones muito menores e muito inclinados feitos de produtos de explosões vulcânicas, com cinzas vulcânicas, que ficam com o ângulo do talude natural (Etna e Vesúvio).

As lavas ácidas (traquíticas) do Auvergne foram eruptivas numa condição tão viscosa que formaram massas de pequena extensão lateral (chamados «puys»).

Nos vulcões que produzem lavas ácidas, estas fàcilmente tapam a chaminé. Os gases não se podem escapar, acumulando-se até que conseguem romper por qualquer ponto mais fraco, o que origina uma explosão. A lava viscosa na chaminé, altamente carregada de gases que deixam então de estar dissolvidos em virtude do abaixamento da pressão, explode, saindo pela chaminé sob a forma duma massa finamente dividida, isto é, numa nuvem de vapor e de partículas que se solidificam ràpidamente.

2. Rochas piroclásticas

Os fragmentos lançados pelos vulcões classificam-se, conforme as suas dimensões, em

poeiras, $<$ 0,05 mm
cinzas, entre 0,05 mm e 4 mm
lapilli, entre 4 mm e 32 mm
aglomerados, bombas e blocos irregulares, com dimensões superiores.

Os *tufos vulcânicos* são constituídos pelas cinzas vulcânicas e poeiras vulcânicas aglomeradas.

Os materiais que são expelidos pela chaminé são constituídos por uma proporção considerável de poeira ou cinzas, que consistem em vidro, e que, no momento da explosão estavam sob a forma líquida.

O restante é constituído por cristais, principalmente de feldspato e várias piroxenas e, embora em menor quantidade, de biotite, hornblenda, magnetite e apatite, que já estão formadas e flutuam no magma antes da erupção.

Muitos destes cristais apresentam uma forma perfeita; mas alguns estão, certamente, partidos, e têm geralmente mais ou menos vidro aderente.

A composição duma cinza varia com a distância do foco de erupção. As partes mais pesadas e mais grosseiras são depositadas primeiro, enquanto os materiais mais finos e mais leves podem ser conduzidos por correntes de ar a distâncias enormes.

Os materiais que compõem os tufos podem ser inteiramente de origem vulcânica, e é evidente que muitos dos fragmentos foram transportados e rolados desde o seu primeiro local de jazida até aos actuais.

Quando, como em geral acontece, a erupção vulcânica é acompanhada por uma forte chuvada, a cinza pode transformar-se numa lama e a que já está depositada pode ser arrastada em torrentes e ir até para o mar.

Não há dúvida que muitos tufos são originados desta maneira, como o *trass* do vale de Brohl, no distrito de Eiffel, e o peprino tufáceo, dos Montes Ciminianos, perto de Roma.

As cinzas vulcânicas sofrem alterações consideráveis após a sua primeira deposição: podem tornar-se aglomeradas por meio de compostos minerais (quartzo, opala, calcedónia, calcite, óxido de ferro, etc.) que precipitam da água do terreno que circula através delas, e, deste modo são produzidas rochas compostas, siliciosas, calcárias e ferruginosas.

Devido à sua natureza porosa, estas camadas de cinzas estão particularmente aptas para a alteração pelos agentes atmosféricos.

APÊNDICE IV

MINERAIS ARGILOSOS

1. Estrutura dos minerais argilosos [26] [27]

A estrutura da maior parte dos minerais argilosos é constituída por camadas de átomos de Si, Al, O e OH, contendo Mg, Fe, e outros elementos. Dentro de cada camada os átomos estão arranjados em planos paralelos dum modo altamente simétrico, em geral com simetria hexagonal, e, finalmente, ligados uns aos outros, formando estruturas estáveis. Mas as forças que ligam as camadas umas às outras são geralmente fracas, pelo que os minerais apresentam uma tendência notável para a esfoliação não podendo apresentar formas muito desenvolvidas.

Estas camadas são constituídas por duas unidades fundamentais: tetraedros de sílica e octaedros de hidróxido de alumínio.

átomos de oxigénio formando uma rede hexagonal; os vértices são constituídos por hidróxilos. Abaixo dos hidróxilos e a meio do tetraedro estão os átomos de Si. A composição desta camada de tetraedros e pois

$$Si_4\,O_6\,(OH)_4\,.$$

Os octaedros de hidróxido de alumínio são constituídos por 6 átomos de O e OH ocupando os vértices de um octaedro, no centro do qual se encontra um átomo de Al, Fe ou Mg (fig. 2).

A composição desta camada é

$$Al_2\,(OH)_6\,.$$

Quando o Al é substituido pelo Mg então a fórmula é

$$Mg_3\,(OH)_6\,.$$

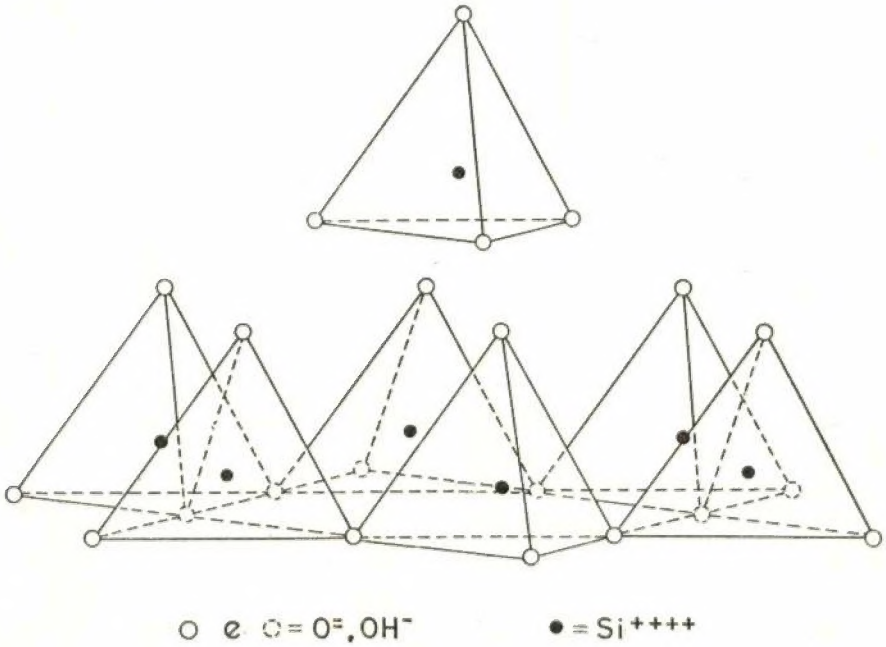


Fig. 1 — Arranjo dos tetraedros de sílica

Os tetraedros de sílica são constituídos por quatro átomos de O ou de OH ocupando os seus vértices, no centro dos quais está um átomo de Si (fig. 1). Estes tetraedros agrupam-se de tal maneira que as suas bases estão todas no mesmo plano, e os vértices estão dirigidos na direcção normal a este plano, o qual é constituído pelos

A combinação destes grupos dá origem às variadas naturezas de minerais argilosos. Além disso as camadas podem ser ou não eléctricamente neutras, conforme há ou não substituição isomorfa de átomos, como por exemplo, a substituição de Al por Si no tetraedro, ou de Mg, Fe e Al nos octaedros.

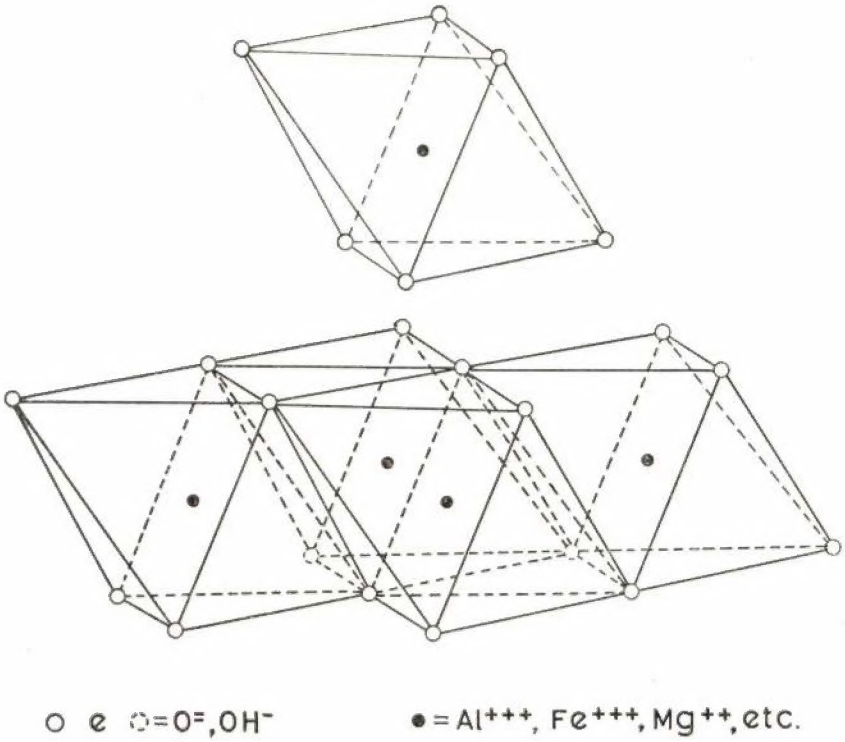


Fig. 2 — Arranjo dos octaedros de hidróxido de alumínio

2. Classificação dos minerais argilosos

Quanto à classificação dos minerais argilosos é ela extremamente difícil pois o pequeno tamanho das suas partículas impede o seu reconhecimento por meio dos métodos petrográficos correntes. A sua determinação efectua-se principalmente por meio de estudos de difracção dos raios X, por meio do microscópio e por meio da análise térmica diferencial.

Muitos minerais argilosos, estruturalmente distintos, têm a mesma composição global, e ainda alguns de distinta composição global têm quase a mesma estrutura e portanto não se podem distinguir entre si por meio dos diagramas dos raios X.

Há diversas classificações dos minerais argilosos, como as de Grim [2], e de Rankama e Sahama [17].

Dum modo geral, dividem-se em dois grandes grupos: amorfos (alofanas) e cristalinos, que inclui pràticamente todos os minerais que se agrupam nos seguintes grupos:

Grupo da caulinite
Grupo da montmorillonite
Grupo da illite
Grupo dos minerais ricos em magnésio (sepiolite, palygorskite e atapulgite)
Grupo das clorites
Grupo das micas (inclui o grupo da illite, pirofilite e talco, muscovite, paragonite, flogopite, biotite, etc.)
Grupo dos óxidos e hidróxidos de alumínio e de ferro.

O comportamento pozolânico de todos estes minerais não é conhecido. Apenas se conhece o comportamento dos três primeiros grupos de minerais argilosos cristalinos e o do último.

No entanto pode-se afirmar talvez, dum modo geral, que todos os minerais que por aquecimento dão origem à perda de iões OH^- da sua rede cristalina, e que, depois dessa perda, são susceptíveis de mudarem de rede, mostrarão comportamento pozolânico.

BIBLIOGRAFIA

(1) F. M. Lea, «The chemistry of pozzolanas», *Symposium on the Chemistry of Cements,* Stockholm, 1938.

(2) F. M. Lea and C. H. Desch, «The chemistry of cement and concrete», revised edition by F. M. Lea, *Ed. Edward Arnold,* Londres, 1956.

(3) K. L. Rao and A. R. Venkataraman, «Surki as an admixture», 4.º Cong. Gr. Bar., Nova Delhi, 1951, Question n.º 15, R. 65.

(4) R. N. Bogue, «The chemistry of portland cement», *Ed. Reinhold Pub.* Co., 1947.

(5) L. Vicat, «Nouvelles études sur les pouzzolanes artificielles comparées à la pouzzolane d'Italie», Paris, 1846.

(6) H. Le Châtelier, «Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques», *Ed. Dunod,* Paris, 1904, p. 35.

(7) Merceron-Vicat, «Mode de durcissement des gangues hydrauliques», Grenoble, 1885.

(8) L. Santarelli, «Pozzolane e cementi pozzolanici», *L'Ind. Ital. del Cem.,* Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro, 1948.

(9) Mielenz, Witte and Glantz, «Effect of calcination on natural pozzolanas», Symposium on use of pozzolanic materials in mortars and concretes, S. Francisco 10 — 14 Out. 1949, *ASTM. Sp. Tech. Pub.* n.º 99.

(10) Castanheira das Neves, «Subsídio para o estudo das pozolanas e suas aplicações na construção», Lisboa, 1907.

(11) L. Berthois, «Contribution à l'étude lithologique de l'Archipel des Açores», *Com. Serv. Geol. Port.,* Tomo XXXIV, 1953.

(12) Miguel Pintor, «Las puzolanas de Tenerife», *Rev. Ob. Pub.,* Maio, 1948.
Eugénio Suarez Galván, «Aglomerantes para obras marítimas», *Rev. Ob. Pub.,* 15 Abril 1930, p. 164.
José Ochoa y Benjumea, «Las puzolanas de Tenerife», *Rev. Ob. Pub.,* 1 Out. 1930, p. 448.
Eugénio Suarez Galván, «Las puzolanas de Gran Canaria», *Rev. Ob. Pub.,* 1 Maio 1936, p. 172.

(13) V. Charrin, «Les matières pouzzolaniques françaises», *Le Génie Civil,* 1951, Tomo 128, n.º 5, p. 94.
V. Charrin, «Les pouzzolanes en France», *Rev. Mat. Const.,* ed. C, Julho 1952, n.º 442, p. 214.
V. Charrin, «Les pouzzolanes d'Auvergne», *Le Génie Civil,* Jan. 1948, Tomo C XXV, n.º 1, p. 15.
R. Le Lan, «La fabrication des agloméres de pouzzolane», *Rev. Mat. Const.,* ed. C, Nov. 1949, n.º 410, p. 396.

(14) Ferrari, «Il cemento piu razionale», *An. di. Chim.,* Set. 1954, vol. 44, Fasc. 9, p. 702.

(15) Anstett, «Dictionaire du ciment», *Ed. Eyrolles,* Paris 1941.

(16) Poulsen, «La terre de diatomées comme pouzzolane pour ciment», *Cong. Assoc. Int. Ens. Mat.,* New York, 1912.

(17) K. Rankama y Th. Sahama, «Geoquímica», *Ed. Aguilar,* Madrid 1954, p. 196.

(18) Y. M. Ward, «Pulverised fuel-ash as a partial replacement for cement in concrete», *Cement and Lime Manufacture,* Julho 1954.

(19) *Le Génie Civil,* Tomo CXXVI, 15 Set. 1949, p. 350.

(20) A. L. G. Rees, «Chemistry of the defect solid state», *Ed. Methuen and Co,* Londres, 1954.

(21) Álvaro Lopes Ruiz, «Puzolanas», Publ. n.º 77 do Lab. Central de Ens. de Mat. de Const., Madrid 1951.

(22) Gino Gallo, «Studio microscopico delle malte a pozzolana», *Rendiconti della Societá Chimica di Roma,* 1908, Ano VI, n.º 3, p. 156.

(23) L. Santarelli, «Ricerche sulle pozzolana. — V. Osservazioni microscopiche su alcune tipiche pozzolane italiane», *An. Chim. Apl.,* 1937, vol 27, n.º 3.

(24) Parravano e Caglioti, *La Ricerca Scientifica,* 1937, vol. 8, n.º 1, p. 271.

(25) Barth, «Theoretical Petrology», *Ed. Jonh Wiley and Sons,* 1952.

(26) Ralph E. Grim, «Clay mineralogy», *Mc Graw-Hill, Publ. Co.,* 1953.

(27) G. W. Brindley, «X-Ray identification and crystal structures of clay minerals», *Ed. Mineralogical Soc.,* Londres, 1951.

(28) P. G. Nutting, «Some standard thermal dehydration curves of minerals», U. S. Geol. Survey *Prof. Paper* n.º 197 E, 1943.

(29) Ross and Hendricks, «Minerals of the montmorillonite group», U. S. Geol. Survey, *Prof. Paper* n.º 205 B.

(30) Nagelschmidt, «Identification of soil colloids», *J. Agric. Sci.,* 1939, vol. 29, p. 477 e «Aggregate Technique», *J. Sci. Instrum.,* 1941, vol. 18, p. 100.

(31) R. Turriziani, «Sulle reazioni dell'idrato di calcio con la pozzolana», *An. Chim.,* vol. 44, Fasc. 9, Set. 1954, p 584 (Convegno su «Lo studio e le applicazioni delle pozzolane», Roma, Set. 1954).

(32) Tavasci, «Struttura della malta di calce e pozzolana di Segni», *Il Cemento,* Julho 1947, n.º 6. «Struttura della malta di calce e pozzolana di Bacoli», *Il Cemento,* Agosto-Setembro 1948, n.º 8-9.

(33) Bernal, Jeffrey and Taylor, «Crystallographic research on the hydration of Portland cement. A first report on investigations in progress», *Magazine of Conc. Res.,* Out. 1952, n.º 11, p. 49.

(34) F. M. Lea, «Mecanismo dell'azione pozzolanica», *An. Chim.,* vol. 44, Fasc. 9, Set. 1954, p. 600 (Convegno su «Lo studio e le applicazioni delle pozzolane», Roma, Set. 1954).

(35) Kalousek, Davis, Schmertz, «An investigation of hydrating cements and related hydrous solids by differential thermal analysis», *J. Am. Conc. Inst.*, Julho 1949, vol. 20, n.º 10, p. 693.

(36) Kalousek and Adams, Hydration products formed in cement pastes at 25° C to 175° C», *J. Am. Conc. Ins.*, Set. 1951, vol. 23, n.º 1, p. 77.

(37) Bessey, *Symposium on the Chemistry of Cements*, Stockholm, 1938.

(38) Steinour, *Chem. Rev.*, Vol. 40, p. 391, 1947.

(39) Taylor, «Hydrated Calcium Silicates. Part I. Compound formation at ordinary temperatures», *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 3682.

(40) H. F. W. Taylor, «Identification of the cementing material in a lightweight sand-lime block», *J. App. Chem.*, London 1952, vol. 2, p. 3.

(41) Brocard, «Hydratation et hydrolise des silicates et des aluminates de calcium en fonction de la temperature», *An. Inst. Tech. Bat. Trav. Pub.*, Fev. 1948, n.º 12, Série Liants hydrauliques, n.º 1.

(42) George L. Kalouseck, «Studies of portions of the quaternary system soda-lime-silica-water at 25°C», *J. Nat. Bur. St.*, R. P. 1950, Julho 1944, vol. 32, p. 285.

(43) G. Malquori, «Alcune considerazioni sui cementi pozzolanici e sulla chimica ed essi relativa», *Ann. Chim.*, Set. 1954, vol. 44, fasc. 9, p. 643.

(44) Fabio Ferrari, «Silicato dicalcico e cemento pozzolanico», *Il Cemento*, Set. 1951, n.º 9, p. 374. «Cementi ipocalcici», *Il Cemento*, Set. 1949, n.º 9, p. 126.

(45) Tavasci e Cereseto, «Struttura del cemento pozzolanico idratato», *Chim. Industr.*, Ital., Nov. 1949, vol. 31, p. 392. Resumo em *Rev. Mat. Const.*, Agosto 1950.

(46) Manuel de los Santos Múgica, «Puzolanas y Cementos Puzolánicos», *Cem. y Horm.*, Agosto a Nov. 1944, n.ºs 125 a 128.

(47) W. T. Moran and J. L. Gilliland, «Summary of methods for determining pozzolanic activity», Symposium on use of pozzolanic materials in mortars and concretes, S. Francisco 10-14 Out. 1949, *ASTM, Sp. Tech. Pub.* n.º 99, p. 109.

(48) Deutsche Normen DIN 51 043, Julho 1931, «Trass--Begriff und Eigenschaften».

(49) R. Feret, «Additions de matières pulvérulentes au liants hydrauliques», *Rev. Mat. Const.*, Julho 1924 a Set. 1926, n.ºs 177 a 204.

(50) Bessey, «The estimation of free calcium hydroxide in set cements – A calorimetric method», *Build. Res. Tech. Pap.* n.º 9, Março 1930.

(51) Bessey, «The estimation of free calcium hydroxide in pozzolana mixes», *Symposium on the Chemistry of Cements*, Stockholm, 1938.

(52) Santarelli, *Ind. Italiana del Cemento*, Abril 1951, vol. 22, n.º 4, p. 83.

(53) N. Fratini, «Controllo chimico dei cementi pozzolanici», *Ann. Chim.*, Set. 1954, vol. 44, Fasc. 9, p. 709.

(54) R. Turriziani e A. Rio, «Observazioni zu alcuni criteri di valutazione dei cementi pozzolanici», *Ann. Chim*, 1954, vol. 44, fasc. 10, p. 787.

(55) Sestini e Santarelli, *Ann. di Chim. App.*, 1936, vol. 26, p. 533.

(56) H. Mc Lamour, E. L. Mc Master, and W. Jaques, «Evaluating a pozzolana», *Rock Products*, Março 1941, vol. 44, p. 52.

(57) Feret, «Expériences faites au Laboratoire des Ponts et Chaussées de Boulogne sur Mer en vue de la détermination des méthodes d'essai des pouzzolanes», Rapport presenté à la Com. n.º 11 du Cong. de Bruxelles de l'Assoc. Int. Ess. Mat., 1906.

(58) «Norme per l'accetazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico», Regio decreto 16 Novembro, 1939, XVIII, n.º 2230.

(59) «Tentative Specification for portland-pozzolana cement», *ASTM Designation: C 340-55 T, Book of Standards*, 1955, Part 3, p. 13.

(60) «Calcined reactive siliceous material for use in concrete», *Bureau of Reclamation, Specification n.º 1904* (da ref. bibl. n.º 47).

(61) «Pliego general de condiciones para la recepción de los aglomerantes hidráulicos en las obras de carácter oficial», *Gazeta de Madrid*, 7 Março 1930.

(62) Adolfo Loureiro, «Os portos marítimos de Portugal e Ilhas Adjacentes», 1906.

(63) Castanheira das Neves, «Memória sobre as investigações experimentais e ensaios de resistência dos materiais de construção», *Revista de Obras Públicas e Minas*, 1894, n.ºs 287 e 288.

(64) Castanheira das Neves, «Die Puzzolane der Azoren», Baumaterialenkunde, 1905, Fasc. 11/12, X.

(65) Parissi e Cereseto, *Il Cemento*, 1944, n.ºs 8, 9 e 10.

(66) Bacelar Bebiano, «A geologia do Arquipélago de Cabo Verde», *Comunicação dos Serv. Geol. de Port.*, Lisboa, 1932, Tomo XVIII.

(67) Berthois, «Contribution à la connaissance lithologique de l'Archipel du Cap Vert», *Estudos, Ensaios e Documentos*, VII, Junta de Investigações Coloniais, Lisboa, 1950.

(68) F. H. Hatch, A. K. Wells and M. K. Wells, «The petrology of the igneous rocks», Ed. Th. Murby, Co., Londres, 1949, p. 79.

(69) Heat of hydration of portland cement, *ASTM Designation:* C 186-55, *Book of Standards*, 1955 Part 3, p. 168.

(70) Roy W. Carlson, «Temperatures and stresses in mass concrete», *Proc. Am. Conc. Inst.*, vol. XXXIV, p. 497.

(71) Robert F. Blanks, «The use of portland pozzolan cement by the Bureau of Reclamation». *J. Am. Conc. Inst.*, Out. 1949, vol. 21, n.º 2, pág. 89.

(72) Raymond E. Davis, «A review of pozzolanic materials and their use in concretes», Symposium on use of pozzolanie materials in mortars and concretes, S. Francisco, 10-14 Out. 1949, *ASTM Sp. Pub.* n.º 99, p. 3.

(73) Ruettgers, Vidal and Wing, «An investigation of the permeability of mass concrete with particular